



TITLE:

バスレーンの設置効果に関するシミュレーションモデルと評価手法の研究(Dissertation_全文)

AUTHOR(S):

銭谷, 善信

CITATION:

銭谷, 善信. バスレーンの設置効果に関するシミュレーションモデルと評価手法の研究. 京都大学, 1977, 工学博士

ISSUE DATE:

1977-07-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k1928>

RIGHT:

バスレーンの設置効果に関する
シミュレーションモデルと
評価手法の研究

昭和 52 年 4 月

銭 谷 善 信

バスレーンの設置効果に関する
シミュレーションモデルと
評価手法の研究

昭和 52 年 4 月

銭 谷 善 信

序

バスレーンはバスの円滑な運行と所要時間の短縮、快適性の回復、経営改善などに大きい効果があり、今後なお多くの都市で実施されると予想される。しかし現在までそのバスレーンの効果を中心として数量的な分析を試みた研究はほとんど例がない。

本研究では、合理的・効率的な網としてのバスレーンの設定方式について考察し、バスレーン網によるバス並びに一般車の運行挙動の解明やそれぞれの効果を数量的に把握することを試みる。すなわち都市の街路網全体の規模で巨視的に見る場合、一つのバス系統に注目する場合、ある限られた街路区間のバス・一般車の挙動を微視的に見る場合など、それぞれの効果の及ぶ範囲、目的などの相違に応じて3種類のシミュレーションモデルを提案する。

次にこれらのモデルをある仮想街路網ならびに街路区間に適用してバスレーンの効果を試算し、どのようにバスレーンを設置すれば街路網全体として効率的か、またバスの運行改善に役立つかなど、バスレーン網を効率的に設定するための応用計算を行なう。

本研究の別の目的として総合評価の研究を行なう。すなわちバスレーンを設置すれば、バス利用者、バス経営体、一般車利用者、環境などに種々の効果が及ぶが、主体が異なればバスレーン設置に対する意見・目的が異なるので、設置代替案を単純に評価することは困難である。したがって異なる主体のそれぞれの目的を考慮して、バスレーン設置代替案を何らかの基準で総合的に評価する必要がある。

本研究ではこのような異なる主体のそれぞれの要求を考慮し、多評価基準を用いてバスレーン設置代替案を総合評価する一つの手法を提案する。次にこの評価手法を前記のモデルを用いた試算値に適用して、代替案の評価並びに最適代替案の変動を考察する。

目 次

第 1 章	序 論	1
1・1	バスレーンの意義と本研究の目的	1
1・2	本研究の概要	1
第 2 章	大都市の交通問題と交通規制に関する考察	4
2・1	概 説	4
2・2	大都市の交通問題と交通規制の効果	5
2・2・1	大都市の交通問題とその解決策	5
2・2・2	交通規制の効果	8
2・3	交通規制の評価方法	10
2・3・1	交通計画、地域計画における種々の評価方法	10
2・3・2	交通規制の評価基準と評価	13
2・4	結 語	16
	第 2 章参考文献	17
第 3 章	バスレーンのシミュレーションモデルと総合評価	19
3・1	概 説	19
3・2	バスレーン設置効果とその測定法	20
3・2・1	バス運行の問題点とバスレーン設置の意義	20
3・2・2	バス運行実態とその考察	23
3・2・3	バスレーン設置の効果	25
3・2・4	バスレーン設置の効果の測定法	27
3・3	バスの走行挙動に関するシミュレーションモデルについて	31
3・3・1	シミュレーションの定義	31
3・3・2	都市規模モデル	32
3・3・3	バス運行モデル	32
3・3・4	街路区間モデル	33
3・3・5	3つのモデルの特徴比較と相互関係	35
3・4	バスレーン網の総合評価	37
3・4・1	概 説	37
3・4・2	便益度、損失度と評価指数について	38
3・4・3	総合評価の一方法	39
3・5	結 語	40
	第 3 章参考文献	44
第 4 章	バスレーン網の都市規模でみた効果とその評価に関する研究	46
4・1	概 説	46
4・2	簡単な街路網を対象としたモデルの定式化と試算例	47

4・2・1	モデルの前提条件	47
4・2・2	モデルの概要とバスマトリックス	48
4・2・3	モデルの定式化	52
4・2・4	モデルの試算例とその考察	60
4・3	モデルの改良並びに拡張	65
4・3・1	概 説	65
4・3・2	前提条件の追加並びに修正	65
4・3・3	モデルの追加、修正とその定式化	67
4・4	ある街路網における試算例とその考察	76
4・4・1	概 説	76
4・4・2	対象都市の概要	77
4・4・3	モデルへの入力データ	77
4・4・4	分割数と配分交通量に関する検討	85
4・4・5	試算ケースの設定	87
4・4・6	試算結果とその考察	89
4・5	シミュレーション試算値への総合評価の応用	97
4・5・1	概 説	97
4・5・2	簡単な街路網におけるバスレーン網の評価	97
4・5・3	大規模な街路網におけるバスレーン網の評価	101
4・6	結 語	104
	第4章参考文献	110
第 5 章	一系統のバスの運行挙動とそのバスレーン設置効果に関する研究	111
5・1	概 説	111
5・2	バス運行モデル	112
5・2・1	本モデルの概要	112
5・2・2	バス運行モデルの諸仮定	114
5・2・3	モデルの定式化とバスのサービス指標の計算方法	117
5・3	簡単な街路網内を運行するバス1系統における試算例	134
5・3・1	概 説	134
5・3・2	試算の与件、インプットデータとケース設定	134
5・3・3	試算結果とその考察	138
5・4	ある街路網内を運行するバス1系統における試算例	148
5・4・1	概 説	148
5・4・2	試算の与件、インプットデータとケース設定	148
5・4・3	試算結果とその考察	150
5・5	バス1系統におけるバスレーン設置効果の総合評価	157
5・5・1	概 説	157
5・5・2	簡単な仮想街路網におけるバスレーン設置案の評価	158
5・5・3	大規模なある街路網におけるバスレーン設置案の評価	163
5・6	結 語	167
	第5章参考文献	169

第 6 章	街路区間におけるバスレーン設置効果に関する研究	173
6・1	概 説	173
6・2	ミクロモデルの概要	173
6・2・1	モデルの前提条件と与件	173
6・2・2	モデルの概要	177
6・2・3	モデルの定式化	179
6・3	試算の与件、インプットデータとケース設定	184
6・3・1	試算の与件	184
6・3・2	インプットデータ	184
6・3・3	試算ケースの設定	186
6・4	試算結果とその考察	187
6・4・1	バスレーン設置案の効果の比較考察	187
6・4・2	バスレーン設置並びにバス優先信号設置効果の比較考察	191
6・5	道路区間におけるバスレーン設置案の優先順位に関する考察	202
6・5・1	バスレーン設置案の優先順位	202
6・5・2	道路区間のバスレーン、優先信号設置の優先順位と評価	204
6・6	結 語	208
	第 6 章参考文献	212
第 7 章	結 論	213
	謝 辞	225

第 1 章 序 論

1・1 バスレーンの意義と本研究の目的

わが国のほとんどすべての大都市では近年の自家用車の増加によって路面交通の混雑が激しくなり、このためバスの運行時間・乗客の待ち時間が増加するなど、運行状態の悪化を招いている。その結果バスの乗客数が減少し、また自家用車を増加させるというように、悪循環がみられる。

バスレーンの設置はこの悪循環を断つために有効な一つの手段と考えられ、すでに多くの都市で実施されて運行時間並びに乗客の待ち時間を短縮するなど、バス輸送の改善に効果をあげている。このような効果が期待されるバスレーンは今後なお多くの都市で設置されると予想される。

ところがバスレーンの効果については、いくつかの都府県警察本部の交通実態調査によって表定速度・走行速度などが解析されているだけである。したがってより合理的・効率的な網としてのバスレーンの設定方法を明らかにする必要があり、ネットワークパターンによるバス並びに一般車の運行挙動の解明やそれぞれの効果を数量的に把握する方法を開発する必要がある。しかしながら従来の研究にはこれらの点に関してとり上げた研究成果は必ずしも多くなく、とくにバスレーンの効果を中心に数量化を試みた研究はほとんどその例がない。

この点に鑑み、本研究ではバスレーン設置による運行挙動の変化によって、その効果を測定するシミュレーションモデル並びにバスレーン設置案を評価する方法論を提案する。

本研究で提案するモデルを用いることにより、どのようにバスレーンを設置すれば都市街路網全体として効率的か、バス運行の改善にどの程度役立つかなど、バスレーン網を効果的に指定配置するための指針を得ることができる。

以上のように都市規模、系統ごとなど、バスレーン設置による種々の効果を解析するための方法論を見出すことが本研究の目的である。

1・2 本研究の概要

第2章では大都市の交通問題とその解決策に対する基本的な考え方について考察する。

2・2では交通問題の中で公共交通手段の強化の方針の一つとして交通規制を取りあげる。

交通規制の効果をバスなどの公共交通、自家用車・貨物車などの個人交通、社会・環境に大別して交通規制の分類を行なう。

つぎに2・3では交通規制を評価するために、費用・便益分析、単一目的関数による評価、多目的関数による評価、多評価基準による評価など、交通計画・地域計画における種々の評価方法の比較考察を行ない、多評価基準による評価が交通規制の評価に有利であることを述べる。つぎにこの多評価基準の評価を適用して、交通規制案の評価方法を提案する。この方法は地域内の規制案の総合評価と、地域の道路区間の交通規制実施順位の決定法である。地域内の規制案の総合評価の方法は、第3章でバスレーン設置案を総合評価するためにさらに適用される。また道路区間の交通規制実施順位を決定する方法は、のちに第6章で道路区間にバスレーンを設置する優先順位の決定に適用される。

第3章では、公共交通手段の強化特にバスの運行を改善するために種々の交通規制のうちバスレーン設置に着目し、バスレーンの効果を測定するシミュレーションモデルとバスレーン設置案の総合評価について述べる。

まず3・2では、バス輸送における問題点とその対策並びにバス運行の改善策の特徴について考察する。つぎにバス運行実態調査にもとづき、バスレーン設置によって運行時間が短縮可能かどうか考察する。

バスレーンを設置すれば、バスの運行時間の短縮以外にも ① バス利用者 ② バス以外の一般の自動車利用者 ③ バス事業経営 ④ 市民生活・環境に種々の効果がおよぶ。これら4つの観点からバスレーン設置の効果を分類する。

バスレーンを街路網に効果的に指定配置するために、バスレーンの効果を定量的に知る必要がある。

バスレーンの効果を測定する方法として、交通実態調査、アンケート調査、シミュレーションモデルの3つの方法を取りあげる。これら3つの方法の特徴を比較考察し、本研究ではシミュレーションモデルを用いることを述べる。

3・3ではバスレーンの効果を測定するモデルとして、つぎの3つのシミュレーションモデルの概要と特徴について述べる。

- ① 都市規模モデル
- ② バス運行モデル
- ③ 街路区間モデル

なお都市規模モデルは第4章、バス運行モデルは第5章、街路区間モデルは第6章でそれぞれ定式化を行なう。またそれぞれの章ではモデルを用いて試算を行ない、バスレーンがバス運行におよぼす効果について比較考察する。

3・4では複数個のバスレーン網設置代替案を評価する一方法を提案する。この方法は、2・3で述べる多評価基準を用いる一つの評価方法の応用である。評価項目が複数個ある場合に、それぞれの評価指数間の比重を定めることにより総合評価指数を定義し、これが最小になるバスレーン網設置代替案を最適代替案として評価する方法である。この手法は第4章、第5章のモデルを用いたバスレーン設置効果の試算値に適用し、バスレーン網設置案の総合評価を行なう。

第4章ではまず4・2で、第3章3・3で述べる都市規模モデルを定式化する。つぎにある仮想街路網にモデルを適用して、総輸送人時間、総走行距離、バス乗客数、バス運行本数などを試算し、バスレーン網設置代替案の効果を比較考察する。

4・3では4・2で定式化したモデルを、大規模な街路網にバスレーン網を設置する場合の効果を解析できるように、改良並びに拡張する。

4・4では改良したモデルをある街路網に適用して試算を行ない、試算結果を用いてバスレーン網設置代替案の効果を比較考察する。なおバスレーン網設置にあたり、つぎの3つの基準を設ける。

- ① 区間のバス通過台数がある一定以上であり、かつ一般車交通量がある一定台数以下の区間に設置する。
- ② 区間を通過するバス乗客数がある人数以上であり、かつ一般車交通量がある一定台数以下の区間に設置する。
- ③ ある区域を定め、区域内のすべての区間にバスレーンを設置する。

この3つの基準のうち特に①と②についてバスレーンの設置効果を比較考察する。

4・5では3・4で提案するバスレーン網の総合評価の一手法を、4・2並びに4・4で得られる試算値に適用する。まずバス乗客数、バス必要台数、総走行距離、総所要人時間などの個々の評価項目について評価を行ない最適代替案の候補を選出する。つぎに各評価項目の便益度に対する損失度の代替率並びに評価項目間の比重が変化するとき、最適代替案が変化する様子を明らかにする。

第5章では一つのバス系統に注目し、まず5・2でバスレーンの設置がバスの運行所要時間、だんご運転生起回数、乗客の平均待ち時間などに与える影響を解析するため、3・3で概説したバス運行モデルを定式化する。

つぎに5・3並びに5・4では、このモデルを適用して4・2並びに4・4で得られる試算値を入力データとして用いてある仮想街路網におけるバスレーン設置がバスの運行所要時間、乗客の平均待ち時間などに与える影響を試算し、バスレーン設置案を比較考察する。またバスレーン設置効果との比較の対照とするため、バスの乗降ドア幅の拡大やだんご運転時にバス同士の追越を認める場合の影響をそれぞれ試算し、比較考察する。なお、5・3ではバスの運転間隔並びにバス停到着人数が変化するとき、バスレーン設置、乗降ドア幅の拡大、バス同士の追越、それぞれの場合の運行所要時間や乗客の平均待ち時間などにおよぼす効果を比較考察する。

5・5では、3・4で提案するバスレーン網の総合評価の一手法を5・3並びに5・4の試算値に適用する。

4・5と同様に、まず個々の評価項目別にバスレーン網代替案の評価を行なう。つぎに各評価項目の便益度に対する損失度の代替率並びに各評価項目間の比重が変化するときの最適代替案の変動を明らかにする。

第6章では街路区間モデルを定式化し、このモデルを用いて試算を行ないバスレーン設置案の効果を比較考察する。

まず6・2では街路区間モデルを定式化する。

6・3ではモデルの試算に必要な与件、インプットデータ・ケース設定について述べる。

6・4ではバス停の乗降客数、バス発車間隔、信号周期、一般車交通量を変えてバスレーンの効果について比較考察する。またバスレーンを歩道側に設ける案、道路中央線寄に設ける案、それぞれの効果を比較し、どちらの案が効果的であるかを比較考察する。

6・5では6・4の試算結果に2・3で述べる交通規制案の評価方法を適用して、バスレーンを設置する道路区間の優先順位について考察する。

第7章では、本研究で得られた成果をまとめるとともに、今後に残される課題について述べる。

第 2 章 大都市の交通問題と交通規制に関する考察

2・1 概 説

大都市の交通問題には、たとえば利用者側からみた安全性・快適性・迅速性・低廉性のほか、公共交通事業の経営者側からみた採算性・安全性・輸送効率性などの課題がある。また各種交通機関から発生する騒音・振動・大気汚染のように、社会生活・環境に与える悪影響などの側面が考えられる。

大都市の交通において大きい比重を占めている路面交通には、バスや市電などの大量公共輸送機関と、個別公共輸送機関であるタクシーのほか、自家用乗用車やトラックなどの私的交通機関がある。

大都市には通勤・通学や業務・買物・訪問など大量の人の動きだけでなく、経済活動に伴う大量の物資の動きがある。人あるいは物を輸送する車が都市内の道路上を走行するが、これに対して十分な道路容量がないことから、大都市における路面交通の混雑が生じる。この路面交通の混雑のためにあらゆる自動車の走行速度が低下し、特にバスなどの公共交通機関の運行が不正確になり、バス利用者の快適性・迅速性が失われるという大きい弊害が生じている。

本研究では、路面交通のうちの人の流れに着目し、そのうち特にバスの運行を改善する方策について考察する。

まず 2・2・1 では、大都市交通のつぎの 4 つの問題点とその対策について述べる。

- ① 交通需要の増大と公共交通手段の混雑
- ② 自動車の普及と路面交通の混雑
- ③ 都市交通による生活環境の悪化と人間性の軽視
- ④ 公営交通事業の経営悪化

これら 4 つの問題に対して、つぎの 3 つの方策について述べる。

- ① 公共交通手段の強化
- ② 自動車の抑制
- ③ 生活環境並びに人間の優先

本研究では、自動車の抑制、公共交通手段の強化の方針に対して交通規制をとりあげる。

2・2・2 では、交通規制一般の効果をプラス効果とマイナス効果に分けて項目別にとりあげ、交通規制の種類別に効果との対応関係を示す。

交通規制には種々のプラス効果とマイナス効果が付随するため、異なる主体間について同時に両者の目的にあう交通規制を行なうことは一般には困難である。ここに交通規制案を評価する困難な面がある。

2・3 では、交通規制の評価方法について述べる。まず 2・3・1 では、交通計画・地域計画における一般的な評価方法について考察する。一般に地域計画・交通計画などにおける評価には、費用便益分析、経済的基準による単一目的関数による評価、多目的関数による評価、多評価基準による評価などがある。ここでは異なる立場にいる主体間において、種々の交通規制案の効果を比較検討するためには、多評価基準による評価が有効であることについて述べ、2・3・2 で交通規制案の総合評価の一手法を提案する。

2・3・2 の考察をうけて、のちに第 3 章 3・4 でバスレーン網設置代替案を評価する方法を提案する。さらにこの方法を第 4 章、第 5 章のそれぞれのモデルを用いて得られる試算値に適用し、4・5 及び 5・5 でそれぞれバスレーン網設置代替案の比較検討を行なう。

2・2 大都市の交通問題と交通規制の効果

2・2・1 大都市の交通問題とその解決策

大都市の交通に関して、つぎに述べる4つの問題がある。¹⁾

(1) 交通需要の増大と公共交通手段の混雑

我が国の大都市では、昼間人口の増大が依然として続いており^{2),3)}それに比例して発生する交通需要も増加を続けている^{4),5)}ところが、これに対応する公共交通機関の整備が不十分なため公共交通機関の混雑は依然として緩和されていない。

異なる交通目的をもつ人々を輸送するためには、交通目的に適した種々の交通機関、交通施設が必要と考えられる。ところが東京、大阪、名古屋などの大都市では、種々の交通目的に適合し、かつ大量の交通需要に対応できるように交通施設を拡張したり、新しく交通機関を増設するための土地並びに空間はあまり多くない^{9),10),11)}

交通需要の増大と公共交通手段の混雑の対策として、公共交通手段の強化が考えられる。

大都市の幹線街路の拡幅や新設が不可能に近い現状を考慮し、都市内の大量の交通需要に対応するためにつぎの方策が必要である。

① 既存の都市高速道路・バス・路面電車と種々の新交通システムを含む公共交通手段とその総合体系を確立する。

② 高速鉄道、新交通システムを中心にゾーンバスシステム、バスレーン網などを有機的に配置する。

(2) 自動車の普及と路面交通の渋滞

最近の自動車、特に自家用乗用車の普及に伴ない、大都市では例外なく路面交通の慢性的な混雑、渋滞に悩まされている^{3),5)}

表2・2・1に示されるように、自家用乗用車はバスに比較して輸送効率が悪い。都市内の街路整備はすでに限界状態にあると考えられるので、輸送効率のよいバスを優先的に走行させるか、自家用乗用車を減らす方策を講じる必要がある。

表2・2・1 乗用車とバスの比較 ^{注)}

	バ ス	乗 用 車
乗客1人あたり重量 (ポンド)	600 ~ 900	1500 ~ 2000
乗客1人あたりの長さ (フィート)	0.75 ~ 1.25	8 ~ 10
乗客1人・1マイルあたりの輸送エネルギー (Btu)	600 ~ 800	5000 ~ 10000
1億人キロあたりの事故死亡率(人)	0.11	1.48
混雑時1時間に幅約3mの通路に		
よって輸送する旅客数 (人)	10800	620
旅客1人あたり所要面積 (㎡)	0.40	2.50

注) 1) P. S. Myers: Automotive Engineering

2) 角本良平: 鉄道と自動車

3) 渡辺、市川: 地下鉄道の設計

より作成^{12),13)}

自動車の抑制については、つぎの3つの方策が考えられる。

① 通行料、ガソリン税などの賦課金を増加する。

② 公共交通機関への転換を促進する。たとえば自動車の総量規制策をとるとともに、公共交通手段のサービスを改善する。

③ 交通規制を行なう。たとえば都市内での駐車禁止、駐車時間の制限がある。これら2つを含めて交通規制には表2・2・2に示されるような種類がある。

交通規制の目的は、表2・2・2に示されるように4つに大別されると考え、それぞれの目的と種々の交通規制の対応を示す。また交通規制の推移を表2・2・3に示す。この表にみられるように、駐車禁止区域は飛躍的に拡大していることがわかる。

(3) 都市交通による生活環境の悪化と人間性の軽視

自動車の排出ガス・騒音・振動などは生活環境に悪影響を与える。^{14) 15)} また自動車対人の交通事故にみられるように、人間性が軽視されたり歩行者優先が無視されるなどの問題がある。

生活環境並びに人間の優先のために、つぎの2つの対策が考えられる。

表2・2・2 交通規制の種類と交通規制の目的

種 類	目 的	交通の流れ					人間性の尊重			その他			
		交通の安全	交通の円滑化	公害防止	環境改善・保全	市民の憩いの場提供	歩行者の優先	公共交通の優先	工事の遂行	諸行事の遂行	急救緊急車の通行		
1	通行禁止	○			○	○	○	○	○	○	○		
2	指定方向通行禁止 (右折禁止 左折禁止)	○	○	○									
3	一方通行	○	○	○	○								
4	車両通行帯の設置 (車種分離) (バスレーン)	○	○	△	○			○					
5	速度規制	○	○	○	○	○							
6	駐車禁止	○	○	△	△			○	○	○			
7	停車禁止	○	○					○	○	○			
8	転回禁止	○	○										
9	追越禁止	○	○							○			
10	横断禁止	○	○										
11	一時停止	○						○					
12	徐行規制	○		○	○				○				
13	道路中心線の変更	○	○							○	○		
14	駐車方法、停車方法の指定		○										
15	駐車時間の制限		○					○					
16	警告器使用場所、区間規制	○		○	○								
17	軌道敷内通行禁止	○						○					
18	立入禁止部分		○									○	
19	停車禁止部分		○									○	
20	自転車の歩道通行可 自転車の専用道路	○	○					○					

① 排気ガス・騒音などの発生量が少ない交通手段の開発と積極的な実用化

② 交通規制の実施; たとえば自動車の乗り入れを禁止した通園・通学道路、買物道路など歩行者用道路にみられる人間優先の交通規制を実施する。表2・2・3に示されるように、歩行者用道路は毎年増加されている。このことから人間優先が重視されてきていることがわかる。

(4) 公営交通事業の経営悪化

一例として都市内の自動車交通の増加が、バスの経営悪化に影響する因果関係を図2・2・1に示す。

図にみられるように、路面交通の混雑、バスの速度低下、バスのサービス低下、乗務員の運用効率の悪化、バス利用者の減少、バス事業の経営悪化、バス運行回数の減少、自動車利用の増大、とい

う悪循環がある。この悪循環を断つ必要がある。

以上に述べた4つの都市交通問題に対する種々の方策の中で、本研究では交通規制に着目し、その効果と評価方法について以下で考察する。

表2・2・3 交通規制の推移

規制種別	年度別	46年度末				47年度末				48年度末				49年度末				50年度末			
		区間等	延長(km)	指数	区間等	延長(km)	指数	区間等	延長(km)	指数	区間等	延長(km)	指数	区間等	延長(km)	指数	区間等	延長(km)	指数		
通行禁止	歩行者用道路	8,041	2,008.51	100	21,539	4,486.75	223	28,079	6,027.06	300	34,570	7,444.32	371	37,327	8,534.58	425					
	上記以外の通行止	17,337	5,963.92	100	19,488	8,232.22	138	22,164	9,862.44	165	25,203	12,384.39	208	29,346	14,917.95	250					
指定方向外進行禁止	一方通行	21,953		100	29,978		137	38,250		175	48,333		221	72,061		330					
進行方向別通行区分	バスレーン	26,445	7,688.49	100	34,163	9,687.64	126	40,193	11,268.55	147	45,945	12,497.20	163	52,360	13,713.26	178					
	路線バス等専用通行帯				2,499		100	3,812		153	4,564		183	5,078		203					
	優先通行帯	13	25.39	100	49	47.47	187	139	175.89	693	232	340.81	1,342	392	660.80	2,603					
	バスレーン	90	183.02	100	172	309.89	169	193	338.95	185	274	471.20	257	313	535.78	293					
車両通行区分指定	車両通行区分	27	66.54	100	27	58.77	88	154	101.17	152	84	263.85	397	101	447.96	673					
最高速度	区域	20,155	24,116.38	100	29,303	32,521.66	135	42,794	46,234.27	192	58,599	63,146.96	262	73,635	82,629.92	343					
	区域				737	66,309.39	100	919	71,555.75	108	1,357	75,400.99	114	1,908	81,149.61	122					
駐車禁止	区域	780	842.41	100	1,011	1,040.68	124	1,221	1,260.33	150	1,667	1,666.00	198	1,976	2,002.87	238					
	区域	46,828	40,418.07	100	62,718	51,107.84	126	77,880	62,929.47	156	90,590	71,406.02	177	103,643	81,134.27	201					
転回	区域	254	127.76	100	49	358.28	280	914	1,077.18	843	234	3,853.45	3,016	452	6,886.58	5,390					
	区域	805	1,238.79	100	944	1,500.41	121	1,069	1,688.46	136	1,239	2,055.73	166	1,411	2,318.00	187					
追越のための右側部分はみ出し通行禁止	追越	8,212	8,679.82	100	11,185	13,059.46	150	14,380	19,475.29	224	16,455	25,342.18	292	18,148	31,833.17	367					
	区域	135	122.32	100	166	147.51	121	171	155.20	127	157	144.42	118	243	283.30	232					
歩行者横断禁止	歩行者横断	1,107	966.40	100	1,322	1,134.98	117	1,945	1,339.43	139	2,077	1,505.15	158	2,208	1,628.18	168					
車両横断禁止	車両横断	118	196.09	100	145	243.56	124	158	261.00	133	184	304.56	155	188	322.54	164					
進路変更禁止	進路変更	1,551	111.28	100	2,153	138.81	124	2,964	192.87	173	3,529	228.16	205	4,164	258.50	232					
一時停止	一時停止	165,271		100	213,920		129	298,696		175	369,774		224	424,952		257					
徐行	徐行	2,754		100	2,877		104	2,907		106	2,939		107	2,902		105					
中央線変更	中央線変更	773	107.34	100	1,029	134.11	125	1,376	181.02	169	1,679	223.44	208	2,151	304.38	284					
駐車方法の指定	駐車方法の指定	349		100	614		176	573		164	1,440		413	1,720		493					
駐車時間、パーキングメーター設置の制限、その他の	駐車時間、パーキングメーター設置の制限、その他の	45	11.68	100	247	60.15	515	445	124.61	1,067	553	161.16	1,380	630	176.51	1,511					
		122	29.49	100	147	44.47	151	193	38.97	132	227	44.49	151	252	40.85	139					
立入禁止部分	立入禁止部分	7		100	45		642	168		2,400	282		4,028	395	5,643						
停車禁止部分	停車禁止部分	123		100	294		239	474		385	649		528	816		663					
駐車可、停車不可の指定	駐車可、停車不可の指定	2,027	635.47	100	613	216.75	341	851	263.38	414	1,902	375.19	590	1,996	345.62	544					
自転車の歩道通行許可	自転車の歩道通行許可	1,326	1,746.90	100	2,690	3,660.41	210	5,095	6,935.91	397	7,509	9,908.95	567	9,358	12,145.43	695					
自転車専用道路	自転車専用道路																				
軌道敷内通行可	軌道敷内通行可	135	330.80	100	54	139.92	42	51	137.89	417	49	126.30	382	33	73.42	222					

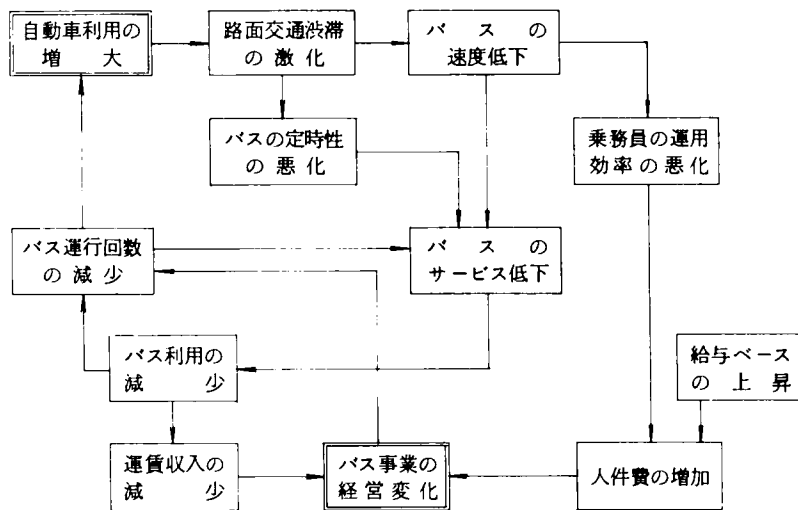
注 1) 区域規制については、46年度は区域の面積(㎡)、47年度以降は区域内の道路延長とした値である。

2) 警察庁資料より作製。

3) 指数は、46年末の延長を100とする。なお設置延長が記されていないものは46年末の区間を100とする。

4) 46年末に設置されていないものは、47年末を100とする。

図 2・2・2 自動車の増加とバス経営悪化の因果関係



天野光三、「都市交通問題のメカニズムとその解決策について」¹⁾から引用

2・2・2 交通規制の効果

交通規制とは徒歩や車両による移動手段に対して、標識や標示により通行方法の指示・説明・禁止を行なうことによって、交通混雑の解消や交通事故の危険性を減少させて交通の安全と円滑化をはかり、交通機関の効率的運用を行なうことを目的としている。

本節では、交通規制の効果をプラス効果とマイナス効果に分類する。

交通規制を実施すれば種々の影響がともなう。それらは規制することによって良い面の影響があらわれる場合と、悪い面の影響があらわれる場合とに分けられる。以下では、良い面の影響をプラス効果、悪い面の影響をマイナス効果と呼ぶこととする。

交通規制の効果はバスなどの公共交通、自家用車・貨物車などの個人交通、社会・環境の3つに大別されると考え、以下で考察する。

(1) プラス効果

プラス効果には、公共交通・個人交通並びに社会・環境について一般に以下の項目が考えられる。

1) 公共交通に対する効果

- ① 走行時間の短縮
- ② 交通容量の増加
- ③ 大量輸送機関のサービス向上

2) 個人交通に対する効果

- ④ 交通渋滞の解消

3) 社会・環境に対する効果

- ⑤ 交通事故の減少
- ⑥ 公害の防止
- ⑦ 環境保全

(2) マイナス効果

マイナス効果には、個人交通について以下の項目が考えられる。

表 2・2・4 交通規制の種類と効果

効果 種類	プラス効果						マイナス効果						
	公共交通			個人交通	社会・環境			個人交通					
	走行時間の短縮	交通容量の増加	輸送機関のサービス向上	交通渋滞の解消	交通事故の減少	公害防止	環境保全	走行時間の増加	交通容量の低下	交通渋滞の発生	自動車の利便性欠除	業務遂行上の不便	社会生活上の不便
通行禁止					○	○	○	×	×	×	×	×	×
指定方向通行禁止(右折禁止) 左折禁止		○		○	○	○	○	×		×			
一方通行	○	○			○	○					×	×	×
車両通行帯の設置(車種分離) バスレーン	○	○	○		○	○	○	×	×	×	×	×	×
速度規制		○			○	○	○		×	×			
駐車禁止	○	○	○	○	○	○					×	×	×
停車禁止	○	○	○	○	○	○					×	×	×
転回禁止				○	○	○		×					×
追越禁止					○	○			×				
横断禁止					○							×	×
一時停止					○				×	×			
徐行規制					○	○	○		×	×			
道路中心線の変更		○	○	○									
駐車方法、停車方法の指定		○		○								×	×
駐車時間の制限		○		○							×	×	×
警音器使用場所、区間規制					○	○							
軌道敷内通行禁止	○	○	○		○		○		×	×			
立入禁止部分					○							×	×
停車禁止部分					○				×			×	×
自転車の歩道通行可 自転車専用道路					○				×				

- ① 走行時間の増加
- ② 自動車の利便性の喪失
- ③ 交通容量の低下
- ④ 交通渋滞の発生
- ⑤ 業務遂行上の不便さの増大
- ⑥ 社会生活上の不便さの増大

これらのプラス効果及びマイナス効果と交通規制との関係を表 2・2・4 に示す。

表 2・2・4 にみられるように、交通規制には種々のプラス効果とマイナス効果が付随する。そのため、どの

ような規制案がよいかは規制をうける主体とその立場によって違いがあり、一様に決定できないように思われる。ここに交通規制案を評価する困難な面がある。この交通規制案の評価については2・3で述べる。

2・3 交通規制の評価方法

交通規制には種々の目的があり、その効果は多岐にわたっている。ある道路区間や地域内で交通規制を実施する場合、それぞれの規制案による効果も当然違ったものになる。しかも規制によって影響を受ける主体は、社会的にも又個人的にもそれぞれ立場を異にしているので、同じ規制でも立場により規制に対する意識が違い、意見・態度も異なる。このような相異なる主体間にあって、種々の交通規制案による効果を比較検討し、そのうちのどれがよい規制案であるか、どの規制案を採用すればよいかを定める必要がある。

まず2・3・1では、交通計画や地域計画における評価の一般論を述べる。

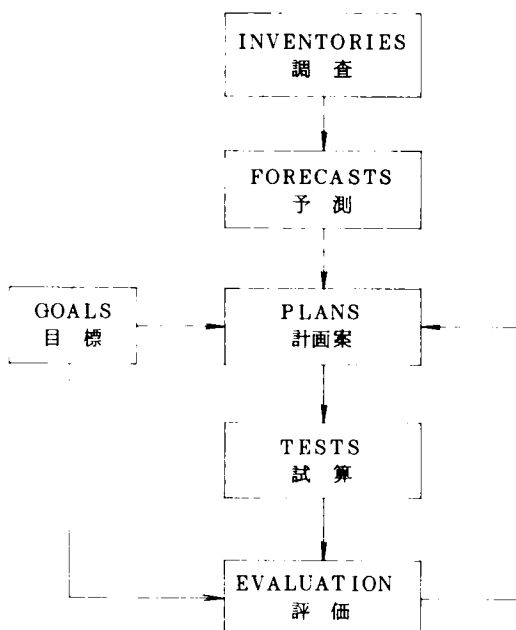
つぎに2・3・2では、交通規制の評価方法を提案してその概要を述べる。

2・3・1 交通計画、地域計画における種々の評価方法

交通計画をする場合、社会に存在する種々の立場を異にする主体を考慮する必要がある。それぞれの主体は、相異なる目的をもつ場合が多い。たとえば地域住民は、社会生活における利便性、移動の容易性、環境の保全、交通の安全などを重視する傾向にある。企業や自治体などは、計画施行時の経済的利潤や投資効率の向上を目的とする。社会全体としてはエネルギーの有効利用、環境の改善などが目的として考えられる。その他にも多くの目的が考えられ、しかもこれらの目的は相互に手段及び目的の関係で階層構造をなしている¹⁶⁾こともある。また主体によって、その目的及び価値基準設定の重要度が異なり、¹⁶⁾これら相互の調整をどうはかるかが問題となる。そしてここに計画の意志決定における評価の困難さがある。¹⁶⁾このように計画には、評価及び意志決定がともなうが、交通計画の評価の一例¹⁷⁾を図2・3・1に示す。

図2・3・1 交通計画における評価の手順の一例

(クライトン著: Urban Transportation Planning¹⁷⁾から引用)



従来から交通計画・地域計画などでは、計画の代替案を評価するために費用・便益分析や費用・効果分析などの経済的分析を行ったり、効用関数や評価関数などの単一目的関数を設定して、線形計画法、非線形計画法、動的計画法を用いて最適解を求めることが行なわれている。これらの手段には一長一短があり、また単一の目的では社会に属する多主体の目的間の斉合性を保つことが困難なことから、これに対する改良手法が提案されている。以下に交通計画・地域計画における手法の概略を述べる。

(1) 費用・便益分析、費用・効果分析による評価

費用・便益分析における基準には、便益費用比率、内部収益率、投資収益率、費用一定条件下の便益、便益一定条件下の費用などがある³⁹⁾。また費用有効度分析における基準には、有効度一定・費用最小、費用一定・有効度最大、有効度費用最大などがある¹⁶⁾。

費用便益分析は、資源の最適配分という観点から、公共投資の定量的評価基準として有力であるという認識がある。そしてこれは、市場の不完全さの存在する公共財の投資の客観化に役立つ唯一の現在考えられる手法であるといわれている。¹⁶⁾

ところが費用便益分析にはつぎのような問題がある。¹⁸⁾ まず第1は、社会的視点からの公共投資には目的の多様性が存在するにもかかわらず、経済的視点から資源配分の効率性のみに着目していることである。第2は、複雑な大規模なシステムに用いることが技術的に困難なことである。第3は、費用便益分析が資源の効率的配分を指向しているということと、所得の適正配分とは別のものであることである。

ところで、費用便益分析や費用効果分析などの代替案評価における経済分析は、潜在的には都市活動のどの分野も適切な経済尺度でおおうことができることから、総合的な評価基準になり得るという考えがある。¹⁹⁾ しかし、計画上の決定をするための経済的な最適解を決めるには、計画基準や都市活動の種々の側面間の関係が複雑であり、直接に最適計画をつくることは不可能である。¹⁹⁾ また費用便益分析などの経済的評価は、平均値的な評価しか行なえず、¹⁹⁾ 実際の社会では階層・階級を異にする受益者グループのうける影響には程度の差があり、種々の社会的影響を考慮に入れた評価をすることは不可能である。

(2) 単一目的関数による評価

これも費用便益分析と同様に、経済的基準を目的関数にとることが多い。従って費用便益分析と同様の問題点がある。

前にも述べたように、経済的評価基準のみでは計画は行ない得ない場合が多いため、種々の異なる評価基準を設定し、これらの評価基準にもとづいて、個々の目的関数の最適解を求めることになる。ところがこの異なる評価基準をどのように総合して、意志決定するかが問題となる。

一般には、代替案を複数の評価基準で評価し、その結果を並列的にいろいろな観点から判断や解釈を行ない、^{20), 21)} 実際の決定は計画決定者に委ねられる。

このように、最近では単一の評価基準では社会の要請に対処しきれなくなり、総合的な評価方法が望まれている。そこでつぎに、多目的関数による総合評価及び多評価基準の重みづけによる総合評価について述べる。

(3) 多目的関数による評価

異なった諸側面間の相互作用の程度差や複雑さのある諸問題の解決には、協調的かつ一本化された方法で考えるべきであるという要請から、総合性基準が必要となってきた。¹⁹⁾

たとえば公共交通計画において、交通混雑や環境悪化の改良方法を見つけるには、全体的なプロジェクトを評価する諸基準の中で、諸要素に与えられる相対的な重みを反映させることによって、評価における異なる目的に重みづけを行なう。²²⁾ 単に一個の目的のもとで最適解を求めるのではなくて、多くの目的関数を設定し、それら相互の重要さによる重みづけをした多目的関数を解くことが行なわれている。²³⁾ なお問題の解を得るには、一般に大記憶容量の計算機で長時間、多回数の計算をする必要がある。

(4) 多評価基準による評価

前述の多目的関数は、社会の諸要請をそれぞれ目的関数にとり、各目的関数の重みづけによる合成された目的関数の最適解を求めている。ここでは、社会的要請や人間の行動要素から生ずる計量しにくい評価要素を含めて、代替案の優劣を評価する方法²⁴⁾について述べる。

これには、各評価基準の重要さに応じて順位をつけ、最も重要な評価基準を用いて代替案を評価し、2番目以下の評価基準には最小必要限度の基準を満足するかどうかの検討を行なう方法もある。²⁵⁾

一般には評価基準にその重要さに応じて重み W_i をつけて、各評価の結果 C_i を乗じて総和を求め、総合評価の多いものを選ぶ。なおこのときの総合評価基準 C' は次式で示される。

$$C' = \sum_i W_i C_i \quad (i: \text{評価項目}) \quad \dots\dots\dots (2.3.1)$$

なおこのような評価項目の重みづけをする場合、社会における階層や階級による同一評価基準での影響の違い

USER ATTRIBUTES		PHYSICALLY INFEASIBLE	PHYSICALLY FEASIBLE	
		PREFERENTIALLY ACCEPTABLE		PREFERENTIALLY UNACCEPTABLE
		FEASIBLE AND ACCEPTABLE RANGE		
TRAVEL TIME (origin terminal to destination terminal)	(min)	30		150
TIME (terminal functions)	(min)	2		30
TRIP COST	(1970 \$)	10		40
PROBABILITY OF DEATH	(Pr × 10 ⁻⁷)	01		10
PROBABILITY OF INJURY	(Pr × 10 ⁻⁷)	1		100
AMBIENT NOISE	(dB)	40		80
EMERGENCY NOISE (1 sec duration)	(dB)	90		140
ILLUMINATION	(ft cdl)			<5>75
ACCELERATION (backward & forward longitudinal (normal))	(g)	02		30
JERK (backward & forward longitudinal (normal))	(g/sec)	01		25
VIBRATION	(g)	01		30
TEMPERATURE	(°F)			<64>72

図 2・3・2 各評価項目の数値の範囲の一例(パデル他²⁰⁾から引用)

を考慮に入れることによる、社会全体の便益を求める試みも行なわれている²⁰⁾

重みづけを行なう場合、各評価項目の単位及びその数値のとり範囲が異なることが多く、総合評価をする場合にはこれらを単一の同じ定義域の指標に変換する必要がある。たとえば図 2・3・2 のように各評価基準のとり値に程度の異なる幅があるとき、これを総合的に評価する場合の指標の変換方法²⁶⁾を以下に示す。

まず正の数値をもつものの上限を +1、負の数値をもつものの下限を -1 とする。+1 はこのとき評価基準の目的を完全に達成した状態を示し、-1 は負になる目的関数の最も悪い状態にあることを示す。たとえば大気汚染では、最も悪い大気汚染状態を -1 とし、大気汚染のない状態を 0 とする。なおこのように負になるものは 1 を加えて、0 と 1 の間の正值をとるように変更する。すなわち評価基準の最もよい状態を +1、最も悪い状態を 0 とする。これにもとづいて効用関数 U が定義される。ある評価項目 i の評価指標 H_i に対する効用を $U_i(H_i)$ とする。そして H_i の上限を $H_{i\lambda}^*$ 、下限を H_{i*} とすると $U_i(H_{i\lambda}^*) = 1$ 、 $U_i(H_{i*}) = 0$ となる。そして n 個の評価項目による効用関数を次式のように定義する。

$$\left. \begin{aligned} F(H_1, H_2, \dots, H_n) &= \sum_{i=1}^n W_i U_i(H_i) \\ \sum_{i=1}^n W_i &= 1 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.3.2)$$

なおこの場合、各評価項目は互いに独立であり、相互に影響を及ぼさないことを前提としている。この限りにおいて、一定の重みづけによる効用の総和に意味がある。

各評価項目間に相互依存関係があるかどうかは、評価項目相互の階層構造の分析によって明確にされる。そしてこの分析により、相互依存関係のできるだけ少ない評価項目が選出される。もし相互依存関係がある場合、重みづけ自体がある評価項目の値に左右されて非線形に変化する。これは特に1つの評価項目が他のものよりもはるかに重要なときに生じる。しかし、評価項目の指標のとり範囲が十分に限られている場合には、一定の重みづけと評価基準の独立性とは妥当だと考えられている。

なお最近、計画の総合性、斉合性の問題に対して、多階層システム論によるシステムズアプローチがなされている²⁷⁾。これには多主体、多評価基準のもとで、計画相互及び計画の主体相互の情報の交換と制御などの諸側面が含まれている

2・3・2 交通規制の評価基準と評価

前節で述べたように交通計画・地域計画において、多主体の異なる要求を考慮するためには、多評価基準による評価を行なう必要がある。

本節では、交通規制の評価基準と交通規制案の総合評価の一手法について述べる。

(1) 評価基準

交通規制の評価基準には表2・2・4に示される項目が考えられる。

ところで交通規制と類似したものに、都市内街路の交通制御及び高速道路における交通管理システムがあるが、これらの評価基準を比較のため述べる。

まず都市内街路交通制御システムには、つぎのような評価基準が考えられる。²⁸⁾

- 交通量最大
- 交差点容量最大
- 青時間利用率最大
- 停止回数最小
- 旅行時間最小
- 青信号での待ち回数最小
- 行列長最小
- 台・キロ最大
- 総遅れ最小
- 事故最小

これらの評価基準は、最初は安全性の確保を目的とした交差点の単独制御のために、たとえば事故最小などが考えられたが、つぎにサービスや快適性の向上を目的とする線的な制御を行なうため、旅行時間の最小値、停止する車両の台・秒の最小化、行列長最小などの評価基準のどれか一つがとられるようになった。²⁹⁾ところがさらに施設の有効な利用をはかるために、つぎのような複数の評価基準を用いて評価することが行なわれている。³⁰⁾

- 総遅れ最小
- 停止回数最小
- 赤信号での待ち台・秒最小
- 交差点容量最大

また社会機能の体系の革新をめざして、需要管理的制御³¹⁾としての有料道路の可変料金制³²⁾、道路混雑税³³⁾を設ける試みも考えられているが、これをどのように評価するかは難しい問題である。交通規制においてもこの問題が付随すると考えられる。

つぎに都市高速道路の交通管理システムには以下のような評価基準^{34),35)}がある。

交通量（流入量）最大
 台・キロ最大
 旅行時間最小
 事故発生時の停滞量最小
 事故最小

これらについては、平常時と事故発生時の緊急時に分けて評価基準を与えている。

また都市間高速道路の交通管制システムにおける評価基準も上と同様であるが、特に事故発生時の渋滞の解消をはかる緊急時体制に主体がおかれている。³⁶⁾

このように交通管理・制御における評価基準のとりかたは、その規制対象及び社会的要請の変革に応じて変わるものである。これは交通規制でも同様と考えられる。

以下に地域内への通行禁止や一方通行規制などによる各種の交通規制案を評価する方法について述べる。

(2) 地域内乗り入れ規制の評価^{36), 37), 38)}

地域内を道路の形状や地勢、町内区分などに応じていくつかの小さな区域に分割し、それぞれの区域を地区と呼ぶ。地区内にある道路網を道路幅員に応じて一定の長さで区切り、それぞれの部分を道路区間と名づける。

地域内の交通規制は、地区における交通規制の組み合わせの集合として表わされる。つまり地区内の道路区間における車両に対する通行禁止規制の集合である。

たとえば1つの地区は全車両通行禁止 h_1 、別の地区は大型貨物自動車通行禁止 h_2 、その他の地区はタクシー・バス・業務用自動車の通行禁止 h_3 を行なう場合、地域の規制案 h はこれらの地区の各種の通行禁止の集合として次式のように表わされる。

$$h = \{h_1, h_2, h_3\} \quad \dots\dots\dots (2.3.3)$$

地域における乗り入れ規制を評価する場合、地域全体としてどのような規制案が最良になるかを知る場合と、どの道路区間から重点的に規制すればよいかという道路区間に対する規制の優先順位を知る場合とがある。そこでこの2つについて以下で考察する。

(a) 地域全体の規制案の評価

規制案のプラス効果と便益度、マイナス効果と損失度、及び規制案の総合評価について、これらを数値で表わすのは2・3・1で述べたように困難な問題である。ここでは前節で述べた多評価基準による評価の考え方を導入して、つぎのような数量化の方法を提案する。

1) プラス効果と便益度

道路区間 λ に規制案 h を実施したときのプラス効果を U_h^λ とする。地域全体のプラス効果は次式で示される。

$$U_h = \sum_{\lambda} U_h^\lambda \quad \dots\dots\dots (2.3.4)$$

いまプラス効果の最大値を U_{max} とし、このときの便益度の値を1として、規制案 h の便益度 g_h を次式で定義する。

$$U_{max} = \max\{U_h\} \quad \dots\dots\dots (2.3.5)$$

$$g_h = U_h / U_{max} \quad \dots\dots\dots (2.3.6)$$

2) マイナス効果

地区 ν に規制案 h_ν を実施したときのマイナス効果を $m_\nu^{h_\nu}$ とすると、地域全体に規制案 h が実施されたときのマイナス効果 m_h は次式で示される。

$$m_h = \sum_{\nu} m_\nu^{h_\nu} \quad \dots\dots\dots (2.3.7)$$

$$\text{ここに、} \quad h = \{h_\nu\} \quad \dots\dots\dots (2.3.8)$$

地域全体を完全に通行禁止にした場合のマイナス効果を m_w とし、規制案 h による損失度を地域内全面通行禁止のときの損失度の値を1として、次式で定義する。

$$f_h = m_h / m_w \quad \dots\dots\dots (2.3.9)$$

3) 規制案の総合評価

規制案 h の非便益度 g'_h を次式で定義する。

$$g'_h = 1 - g_h \quad \dots\dots\dots (2.3.10)$$

縦軸に非便益度 g'_h ，横軸に損失度 f_h をとると各規制案の値が図 2・3・3 における点 K_1, K_2, K_3, K_4 のように示される。

ここで非便益度に対する損失度の代替率を α とし，規制案 h の総合損失度 μ_h を次式で定義する。

$$\mu_h = g'_h + \alpha \cdot f_h \quad \dots\dots\dots (2.3.11)$$

μ_h は図 2・3・3 で， $\tan \theta = \alpha$ とおいたときの点 K_h を通る傾き θ の直線と縦軸との交点として示される。

μ_h が最小になる規制案を最適規制案と定義する。この最適規制案は α の値が変動すれば当然変化する。 α をある値に固定すれば，各規制案の総合損失度が定まり，たとえば図 2・3・3 では $\mu_3 < \mu_2 < \mu_4 < \mu_1$ であり，規制案 3 が最適規制案と評価される。

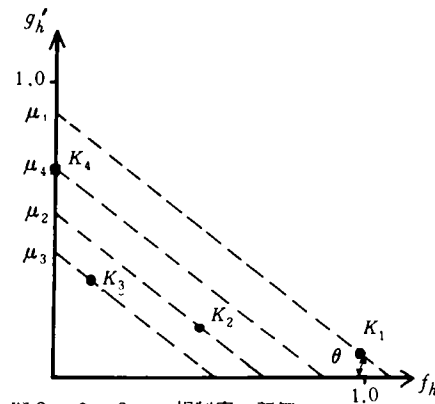


図 2・3・3 規制案の評価

(b) 道路区間における規制案の評価

地域における道路区間の規制順序を決定するため，2・3・1 で述べた多評価基準の考え方を導入し，つぎのような数量化の方法を提案する。

道路区間 λ に規制レベル h_ν の乗り入れ規制を実施したときのプラス効果の増分度 $du_{h\nu}^\lambda$ を次式で定義する。

$$du_{h\nu}^\lambda = (U_{h\nu}^\lambda - U_0^\lambda) / (U_e^\lambda - U_0^\lambda) \quad \dots\dots\dots (2.3.12)$$

ここに，

U_e^λ ；全車両乗り入れ禁止時のプラス効果

U_0^λ ；規制のないときのプラス効果

$U_{h\nu}^\lambda$ ；区間 λ に規制 h_ν を実施したときのプラス効果

つぎに，道路区間 λ を含む地区 ν に規制 h_ν を実施するときのマイナス効果の増分度 $dm_{h\nu}^\nu$ を次式で定義する。

$$dm_{h\nu}^\nu = (m_{h\nu}^\nu - m_0^\nu) / (m_e^\nu - m_0^\nu) \quad \dots\dots\dots (2.3.13)$$

ここに，

m_e^ν ；地区 ν の全面乗り入れ禁止時のマイナス効果

m_0^ν ；地区 ν に規制のない場合のマイナス効果

$m_{h\nu}^\nu$ ；地区 ν に規制 h_ν を実施したときのマイナス効果

プラス効果の増分度に対するマイナス効果の増分度の代替率を β とすれば，道路区間 λ に規制 h_ν が実施されるとき道路区間規制指標 $d\mu_{h\nu}^\lambda$ は次式で定義される。

$$d\mu_{h\nu}^\lambda = 1 - du_{h\nu}^\lambda + \beta \cdot dm_{h\nu}^\nu \quad \dots\dots\dots (2.3.14)$$

この $d\mu_{h\nu}^\lambda$ が最小になる道路区間が規制の対象として最適であり，まず最初に規制の実施される道路区間となる。

なお，たとえ規制の優先順位が定まっても道路は連続しているのであるから，たとえば一方通行のある道路区間だけを通行禁止にするのは，その一方通行の全区間を通行禁止にするのと同じであり，不連続かつ一貫性のない交通規制は望ましくない。従って，ある道路区間の規制が第 1 順位であっても，その前後の連続する道路区間と一体となった規制をする必要があるのは明らかである。

ここに提案した道路区間における規制案の評価方法を，のちに第 6 章の試算値に適用する。

2・4 結 語

本章では、大都市の交通問題たとえば路面交通の混雑、公共交通の赤字問題、交通公害、交通機関利用者の快適性・迅速性を解決するために、つぎの3つの基本方針とそれぞれの対策を考察した。

- ① 自動車の抑制
- ② 生活環境並びに人間の優先
- ③ 公共交通手段の強化

そして本研究では①②③の方針にもとづき、交通規制をとりあげて示した。

そのつぎに交通規制の種類と効果の関係について考察した。

交通規制の効果には、規制による良い影響があらわれるプラス効果と、悪い影響があらわれるマイナス効果があり、それぞれ主要なものはつぎのとおりである。

まずプラス効果としては、公共交通並びに社会・環境に対する効果がある。公共交通に関しては走行時間の短縮、交通容量の増加・大量輸送機関のサービス向上など、社会・環境に関しては交通渋滞の解消、公害の防止、環境保全などである。

マイナス効果としては、個人交通に関して走行時間の増加、自動車の利便性の喪失、交通容量の低下、交通渋滞の発生、業務遂行上の不便さの増大、社会生活上の不便さの増大などである。

交通規制には、種々のプラス効果とマイナス効果が付随することから、異なる主体の改善要求を同時に満足する交通規制を行なうことは困難であることを指摘した。

2・3では交通規制の評価方法について考察し、社会の種々の構成員の要請を満たすためには、単一の評価基準ではなく、走行時間の短縮、公害防止、公共輸送機関のサービス向上、交通渋滞の解消、交通容量の増加などの複数の評価基準を用いるべきことをのべた。この各評価項目の重みづけをし、複数の評価要素をまとめて総合評価する方法を提案した。

本章で提案した評価手法は、地域内の交通規制案の評価ならびに道路区間の規制順序の決定手法の2つである。

まず地域内の交通規制案の評価方法は次のようであった。

地域内の道路網を一定の長さで区切った道路区間に分ける。地域内の交通規制案は各道路区間の交通規制の集合で表わされる。交通規制案実施による地域全体のプラス効果は各道路区間の交通規制によるプラス効果の総和である。ここで種々の規制案のプラス効果のうちの最大値を1として、各規制案の便益度を定義した。

つぎに地域全体のマイナス効果は各道路区間のマイナス効果の総和である。便益度と同様に種々の規制案のマイナス効果のうち最大値を1として、各規制案の損失度を定義した。ここで便益度に対する損失度の代替率を定義し、規制案の総合損失度を定義した。そしてこの総合損失度が最小になる規制案を最適な規制案と評価する方法である。

次に道路区間の規制順序の決定手法は、プラス効果ならびにマイナス効果それぞれの規制案実施前後の増分を求め、それぞれの増分の最大値を1として、プラス効果の増分度ならびにマイナス効果の増分度を定義した。つぎにプラス効果の増分度に対するマイナス効果の増分度の代替率を定義し、道路区間の規制指標を定義した。この規制指標が最小になる道路区間がまず最初に規制の実施される区間として評価する方法である。

以上に述べた方法は、便益度に対する損失度の代替率ならびにプラス効果の増分度に対するマイナス効果の増分度の代替率をそれぞれ変化させることにより、異なる主体の交通規制への要求に対応することが可能になると考える。この方法を応用すれば異なる主体の種々の目的間のトレードオフを考慮した規制案の評価方法を開発できると考えられる。

次章3・4ではバスレーン設置案を比較検討するために、ここで述べた手法を適用し、バスレーン網設置案を総合評価する方法を提案する。

第 2 章 参 考 文 献

- 1) 天野光三,「特集 都市の総合交通体系」都市問題研究,第27巻11号,299号,都市問題研究会,PP18~23,昭和50年11月
- 2) 運輸省監修,都市交通年報;(財)運輸経済研究センター,PP47~54,昭和48年3月
- 3) 運輸省;昭和50年版運輸白書,大蔵省印刷局,P51,昭和50年12月
- 4) 上掲 2) P55
- 5) 運輸省大臣官房情報管理部監修;運輸経済図説(昭和50年版)P53,P55,(財)運輸経済研究センター,昭和50年
- 6) 佐佐木綱;都市交通計画PP15~47,PP75~105,P105,国民科学社,昭和49年4月
- 7) 伊藤容三;パーソントリップの発生・集中に関する2,3の考察,PP9~12,京都大学卒業論文,昭和49年2月
- 8) 倉沢進編;社会学講座5,都市社会学,PP188~189,東京大学出版会,1973年6月
- 9) 上掲 5) P54,P57
- 10) 建設省;昭和50年版建設白書,P157,大蔵省印刷局,昭和50年8月
- 11) 上掲 5) P49
- 12) P. S. Myers : The A's, B's, C's of Transportation in the 80's, Automotive Engineering No.12, 1972
- 13) { 角本良平;鉄道と自動車,日経新書,1968
渡辺,市川;地下鉄道の設計
- 14) i) 環境庁;昭和49年版,環境白書,P272,大蔵省印刷局,昭和49年5月
ii) Eliassen, Rolf, et al. : "The Air Pollution Problem," The Automobile and Air Pollution, Part I, U. S. Department of Commerce, Washington, D. C. December 1967
- 15) i) 中村,内山,鈴木;道路交通騒音の被害意識に関する研究,土木学会第30回年次学術講演会,講演概要集,第4部,PP260~261,昭和50年10月
ii) 環境庁,昭和50年版 環境白書,P219,大蔵省印刷局,昭和50年6月
iii) 青島,河上;幹線街路周辺の騒音被害に関する要因分析,土木学会第28回年次学術講演会,講演概要集,第4部,PP185~186,昭和48年10月
- 16) 長尾義三;土木計画序論,P26,PP36~37,P209,P214,共立出版,昭和47年4月
- 17) Creighton, R. L. : Urban Transportation Planning, University of Illinois Press, p. 136, 1970
- 18) 岡田清;交通における便益費用分析,交通研究,日本交通学会,1969
- 19) J. B. カリングワース, S. C. オーア;地域計画と都市計画,PP218~219,P221,P232,鹿島出版,昭和47年1月
- 20) T. S. Pardel, C. T. Phillips & K. V. Smith : Measurement and Evaluation of Alternative Regional Transportation Mixes Vol I, Rand Corp, 1970, Aug. p. 53
- 21) 菅原操;交通計画における費用便益分析,土木学会土木計画学研究委員会編土木計画学,講習会テキスト,P44~47 昭和47年9月
- 22) 上掲 19) P217
- 23) たとえば i) S. M. Belenson & K. C. Kapur : An Algorithm for Solving Multicriterion Linear Programming Problems with Examples, Operational Research Quarterly, Vol.24, No. 1, 1973

- ii) Benayorin, R. J. etc. : Linear Programming with Multiple Objective Function, Step Method (STEM), Mathematical Programming 1, 1971
- 24) たとえば i) チャーチマン・アコフ, アノフ, 森口繁一監訳; オペレーションズリサーチ入門, PP170 ~ 192, 紀伊国屋書店, 1968年5月
- ii) Hall, A. D; A Methodology for System Engineering, D Van Northland Co. 1962
熊谷三郎監訳; システム工学の方法, PP 275 ~ 347 (特に PP340 ~ 344), 共立出版, 昭和44年
- iii) 上掲 20) PP 44 ~ 47
- iv) 上掲 16) PP 262 ~ 263
- 25) F. S. Pardec, C. T. Phillips & K. V. Smith ; Measurement and Evaluation of Altrnative Reginal Transportation Mixes Vol. I, Rand Corp. pp. 15 ~ 16, 1970, Aug.
- 26) 上掲 20) PP 55 ~ 67
- 27) たとえば i) 高原康夫他; 多階層システム論, オペレーションズリサーチ, 150 ~ 153号, 日科技連出版
- ii) Mesarovic etc. : Theory of Hierechiral Multi-Level System, Academic Press, 1970
- iii) Geoffrion A. M. & Hogan, W. W. : Coordination of Two-Level Organizations with Multiple, A. V. Balakrishnan (ed), Proceeding of the 4th IFIP in Optimization Technique, Academic Press, 1972
- iv) 戸田常一; 多階層システムにおける多目的計画法に関する研究, 京都大学修士論文, 昭和51年2月
- 28) 尾佐竹他編; 交通システム(システム工学講座8), 日刊工業新聞社, PP 24 ~ 27, 昭和47年1月
- 29) 越; 交通信号の路線系統化について, 道路, 1965年5月
- 30) i) 交通工学研究会; 広域交通信号制御方式の研究報告書№2, 1967年3月, №3, 1968年3月
- ii) 星埜, 越他; 東京広域信号制御システムの概要, 交通工学, №3, 1970
- 31) 都心部広域交通制御システム研究委員会; 大阪都心部広域交通制御調査報告書, 1971年3月
- 32) 高速道路調査会, 交通工学研究部会; 高速道路の交通流監視制御装置に関する研究, 1970年3月
- 33) Ministry of Transport, Road Pricing : "The Economic and Technical Possibilities"
(The Sneed Report) H. M. S. O. 1964
- 34) 高速道路調査会; 阪神高速道路の交通管制に関する研究報告書, 1969年3月
- 35) 佐佐木; 都市高速道路の交通管制について, 制御工学, 第11巻第2号, P 110, 1970
- 36) 河内清; 散策道の交通規制規準に関する一考察, 京都大学卒業論文, 昭和47年2月
- 37) 天野・河内; 散策道の交通規制規準に関する考察, 昭和47年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要, 昭和47年6月
- 38) 銭谷善信; シミュレーションによる交通規制の効果に関する考察, 京都大学修士論文, 昭和48年3月

第 3 章 バスレーンのシミュレーションモデルと総合評価

3・1 概 説

大都市における路面交通の混雑と、その影響をうけるバス運行上の諸問題の解決策の一つとして交通規制に着目することを前章で述べた。

本章では、種々の交通規制のうちバスレーン設置の意義と効果について考察し、バスレーンの効果を測定するシミュレーションモデル及びバスレーン網設置代替案を評価する方法について考察する。

まず3.2でバスレーン設置効果とその測定法について述べる。

3.2.1ではバス運行の現状における問題点とその解決策、及びバス運行の改善に対する方策の特徴について考察する。

大都市における自動車交通量が増大したため、自動車は都市内街路を円滑に走行できなくなっている。この路面交通の混雑の影響をうけて、バスの運行状態の悪化、輸送効率の低下、公共交通の経営悪化などが生じている。このような問題を解決するには、バス輸送が円滑になるように施設・車両の改良、料金支払方式の合理化、自家用乗用車の規制、補助金制度と賦課金、バス系統とダイヤ改正、バス優先走行システムの実施など、の運行改善策を講じる必要がある。これらの種々の方策の中で、本研究ではバスレーンの設置に着目する。

つぎに3.2.2で、バスの運行時間に占める走行時間、信号待ち時間、停車時間などの構成割合をバスの運行実態調査にもとづいて考察する。

これによりバスの走行時間の短縮が、バスレーンの設置によって可能かどうかを考察する。

3.2.3では、バスレーン設置のプラス効果及びマイナス効果について述べる。プラス効果では、運行所要時間と乗客の待ち時間の短縮、排気ガスの減少などの直接効果のほか、間接的にはバス利用者数の増加が期待できる。またマイナス効果としては、バス以外の一般車の交通容量減少、速度低下などがある。これらのプラス効果、マイナス効果をバスレーンによる影響をうけるバス経営体、バス利用者、環境などの観点から考察する。

3.2.4では、バスレーン設置の効果を測定する方法として、交通実態調査、アンケート調査、シミュレーションの3つの方法の概要とその長所、短所について述べる。

本研究ではバスレーンの設置効果を測定するためにシミュレーションモデルを用いることとする。

そして3.3では、バスレーンの効果を測定するためにつきにあげる3つのシミュレーションモデルの概要と特徴について述べる。

- ①都市規模モデル
- ②バス運行モデル
- ③街路区間モデル

なおのちに都市規模モデルについては第4章、バス運行モデルは第5章、街路区間モデルは第6章でそれぞれ定式化を行なう。またそれぞれの章ではモデルを用いて試算を行ない、バスレーンの効果について比較考察する。

3.4では、複数個のバスレーン網設置代替案を評価する一つの方法を提案する。この方法は第2章2.3で述べた交通規制における多評価基準を用いた評価方法の応用であり、評価項目が複数個ある場合に、それぞれの評価指数間の比重を定めることにより総合評価指数を定義し、これが最小になるバスレーン網設置代替案を最適案として評価する方法である。

ここで提案する方法を第4章、第5章におけるバスレーン設置効果の試算値にそれぞれ適用し、バスレーン網設置案の総合的評価を行なう。

3・2 バスレーン設置効果とその測定法

3・2・1 バス運行の問題点とバスレーン設置の意義

(1) バス運行の問題点

バスの場合、利用者及び経営者の立場からみて、つぎの2つの問題点がある。

1) 利用者側からみたバスの問題点

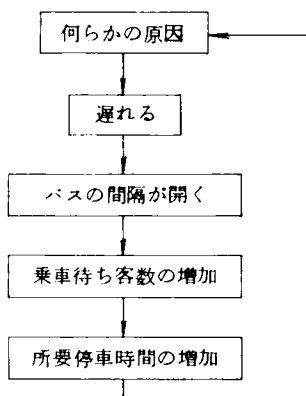
バスを利用する立場からみたバス運行の問題点はつぎのとおりである。

①目的地まで時間がかかる。これは路面交通の混雑の影響を受けて、バスの表定速度が低いためである。たとえばバスレーンを設置する以前の東京、大阪などの大都市の路線バスは、路面交通の混雑の影響を受けて、表定速度は10km/hまで低下している。¹⁾

②バスの車内混雑により、精神的肉体的苦痛をうける。

③バスの運行が不正確である。²⁾このためバス停留所での待ち時間が長くなる。

バス運行の不正確さは、たとえば図3.2.1に示されるようにして助長される。



大都市のバス輸送において快適性をよくするためには、大量の交通需要が限られた時間帯に集中しても、それに対して十分なバス台数を確保し迅速に運行する必要がある。バスの円滑な運行を確保し、人々の不満を解消するための対策が講じられねばならない。

2) 経営上からみたバスの問題点

バス事業の経営者の立場では、バス事業の赤字の問題がある。公営バス事業は、昭和47年度で36事業者のうち33事業者が赤字となっている³⁾が、この原因にはつぎの2つの点が考えられる。

①乗客数の伸び悩み及び減少⁴⁾

前述したように、バスは遅度が遅くかつ時間的に不確実な交通機関といえる。そこで代替交通機関の利用可能な市民は、代替交通機関へと転換してバスの乗客数が減少することになる。これが運賃収入の減少につながる。

②輸送コストの上昇

路面交通の混雑や渋滞によって、バスの表定速度は低下し、バスの輸送効率は低くなる。このため輸送力を確保するには、多くの車両や乗務員が必要となる。バス事業は特に労働集約性が高く、全経費に占める人件費の割合は70%にもおよんでいる。³⁾人件費の高騰とともに輸送効率の低下が輸送コストの上昇に与える影響は大きいといえる。

なおここに述べた問題点の大部分は、交通渋滞などによりバスの円滑な運行ができないことに起因している。この点からもバスの運行を円滑にする対策を実施する必要がある。

個々の交通機関をそれぞれ独立に整備してきた従来と異なり、今後はそれぞれの機関の有機的な結合を考慮し、都市輸送システムというトータルシステムとしての輸送機関の整備と再編成が必要である。その中で路線バスは、面的なサービスを提供しうる特性を生かし、高速鉄道の端末部の交通機関として高速鉄道を補完し、また中小都市においては高速鉄道に代わる大量輸送機関として重要な交通機関であることには変わりはないであろう。特に、トータルシステムが円滑に運営されるためには、まず個々のシステムが円滑に運営される必要がある。バスは乗用車と比較してすでに表2.2.1に示したような特徴をもっている。新種交通機関をも含めた交通機関の再編成が考えられるにしても、上に述べたようにバスが交通機関として重要であることに変わりはなく、交通問題を解決するためにはバス運行の改善が有効だと考えられる。そこでつぎにバスの諸問題の改善策

について述べる。

(2) バス運行改善のための方策²⁾

都市バスの輸送効率や輸送サービス水準の低下、赤字問題に対して様々な対策が提案され実施されるようになってきている。たとえば大阪市では、大量輸送機関としてのバスがあらためて見直されているのが現状である。⁶⁾

バスが利用者にとって、より便利かつ快速で魅力ある交通手段となるためには、たとえば以下のような種々の方策が必要である。

1) 施設・車両の改善

- ①低床バスの開発
- ②乗降用ドアの広いバスの開発
- ③大型バスの開発
- ④バス停の施設改善
- ⑤バスレーンの道路構造の改良

2) 料金支払い方式の合理化

- ①料金支払いシステムの省略化・合理化
- ②料金制度の簡易化

3) 自家用乗用車の規制

- ①路上駐車禁止の励行
- ②軌道敷内乗り入れ禁止
- ③利用制限又は自主的な利用規制
- ④自家用乗用車からバスへの転換の奨励

4) 補助制度と賦課金

- ①バス運行に対する補助制度の実施
- ②自家用乗用車に対する負担の増加

5) バス系統とダイヤの改善

- ①バス路線系統の合理化
- ②運行回数の増加
- ③終車時間の延長
- ④バス系統に関する広報

6) バス優先走行システムの実施

- ①バス専用レーン・優先レーンの設置
- ②バス優先信号システムの開発

7) 運行システムの改善

- ①バスロケーションシステムの開発
- ②デマンドバスシステムの開発
- ③ゾーンバス（ミニバス）の運行計画
- ④運行管理の強化

これらの種々の方策のうち、1) 施設・車両の改善と2) 料金支払い方式の合理化は、バス乗降におけるむだな時間をなるべく少なくしようとするものである。

また5) バス系統とダイヤ改善のテーマは、交通需要に質的・量的に適合した、バス利用者にとって便利なバス系統とダイヤを設定するための方策であり、6) バス優先走行システムの実施と7) 運行システムの改善の実施可能性の程度に応じてはじめて論じうるものである。バスの運行方式の改善をめざして、近年バスロケ

ーションシステムやデマンドバスシステム⁸⁾⁹⁾の研究が推進されている。前者はそれぞれのバスの走行位置を検知し、最も合理的な運行状態を保ちうるようにセンターにおいてコントロールしようとするものであり、後者はバスに乗ろうとする乗客がバスを呼び出して待ち時間を節減しようとする方式である。

ところでバスロケーションシステムの場合、任意のバスの運行の遅れを知り、正常なダイヤ通りに回復するように指示したとしても、道路が渋滞していて速度があげられないという状態が常に生じるであろう。高い経費をかけてシステムを実施しても、今の交通状態のもとではほとんど効果を期待できないといえる。つまりバスが一般車に妨げられず、必要があればバスの遅れをとりもどすために速度をあげることも可能となるような方策、たとえばバス専用レーンとかバス専用道路が実施されることが前提となる。

つきにデマンドバスシステムは、たとえば老人、身障者のための専用バスとか、地方小都市のようにバス乗客が少ない場合には有効だと考えられる。しかし大都市のバス系統のように3分とか5分間隔に発車し、しかも常に各バス停から乗客が乗るというような場合には、デマンドバスシステムは全く無意味だと思われる。

以上のことから、バス運行の改善のためにはバスが所定の速度を維持して走れる通路をつくり出す必要がある。その一つにバスレーンがある。

(3) バスレーンの設置

バスレーンの設置は、昭和46年の道路交通法の改正により同法第20条の2で規定された。これにもとづいて、全国の都市でバス専用レーンやバス優先

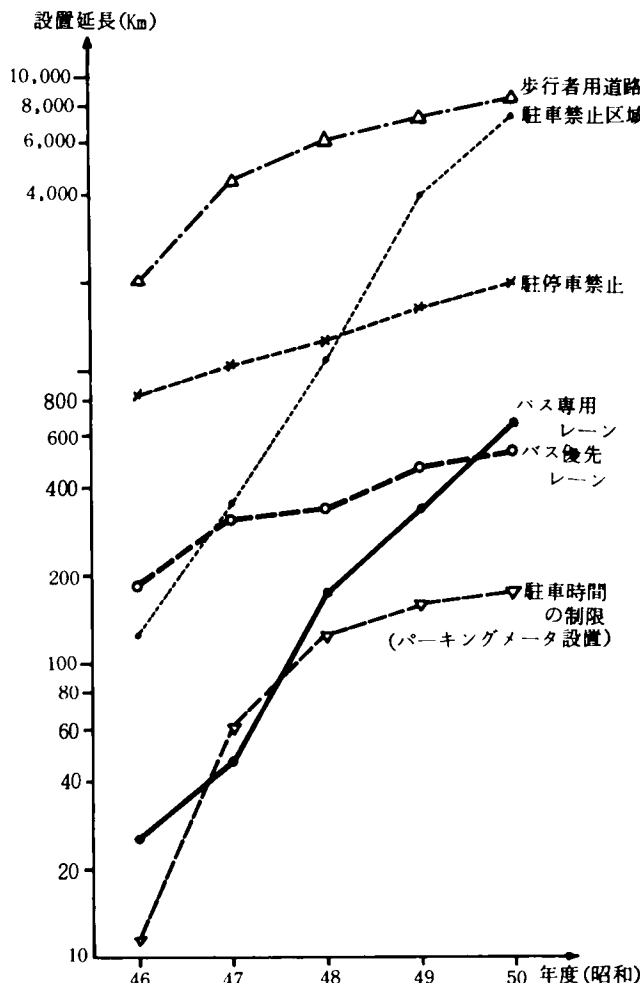


図 3.2.2 交通規制の推移の一例

レーンが実施に移され、都市交通の効率化、

乗客に対するサービス状態の改善、ひいてはバス乗客数の増加などに効果をあげている。¹⁰⁾

本論文では、路線バス等専用通行帯をバス専用レーン、路線バス等優先通行帯をバス優先レーンと呼ぶこととする。またバス専用レーンとバス優先レーンを総称してバスレーンと呼ぶ。

全国におけるバス専用レーン、バス優先レーンは図3.2.2のように優先レーンと比較して専用レーンの方が設置延長の増加量は著しく多い。昭和50年度末には専用レーンの延長距離が優先レーンのそれを上回るに至っている。

図3.2.2には、バスレーン以外の交通規制の設置状況の推移が示されているが、駐停車禁止区域を除けばバス専用レーンの増加度合が最も大きいことがわかる。

また主要な都府県におけるバスレーン設置状況を表3.2.1に示す。これらの都府県ではバス専用レーンの設置延長は飛躍的に増加しているが、優先レーンの延長は神奈川県以外はあまり増加していない。また神奈川県以外は、バス専用レーン設置延長の方が長くなっている。

バスレーンがバス運行改善にどの程度の効

表 3.2.1 都市別のバスレーン設置延長と区間数

	専 用 レ ー ン		優 先 レ ー ン	
	昭和 48 年	昭和 51 年	昭和 48 年	昭和 51 年
東 京	20 (9)	160.2 (85)	94 (21)	80.7 (38)
大 阪	1.15 (2)	36.2 (21)	12 (6)	11.1 (18)
京 都		20.4 (11)	3 (1)	8.4 (3)
神奈川		43.4 (35)	9 (9)	80.6 (46)
兵 庫		41.6 (25)	17 (14)	22.8 (20)
愛 知		31.0 (19)	4.7 (3)	4.6 (2)
福 岡		69.9 (30)		6.5 (3)

注) 上記 () 内はバスレーン設置区間数を示す。

設置延長単位はkm (各年度 3 月末現在)

警察庁資料より作成

(1) 調査の目的

バス運行所要時間の中で停車時間、信号待ち時間、右左折待ち時間などの占める割合を明らかにし、バスが最も円滑に運行されると考えられる早朝のバスの運行所要時間を比較することにより、運行所要時間の短縮可能性について考察する。

(2) 調査方法

調査の対象としたのは、京都市バス 201 号系統である。この系統は幹線街路である四条通、東大路通、今出川通、千本通の図 3.2.3 に示すほぼ矩形ルートを循環し、1 周はほぼ 10 km である。

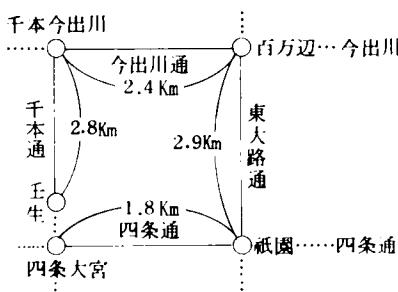


図 3.2.3 バス運行実態の調査街路区間

調査の方法は、調査員 1 人がバスに乗りこみ、バスの運行挙動を逐次時間軸上に記入する方法をとった。調査結果の一例を図 3.2.4 に示す。

調査は、早朝のサンプルについては昭和 51 年 1 月 20 日、21 日、22 日の 3 日間にわたって外まわり、内まわりそれぞれ 3 サンプルずつ実施し、昼間のサンプルについては 1 月 22 日、23 日の 2 日間、各方向 12 サンプルに対して実施した。調査対象としたバスの一覧を表 3.2.2 に示す。

つきに測定対象とした時間を以下のごとく定義する。

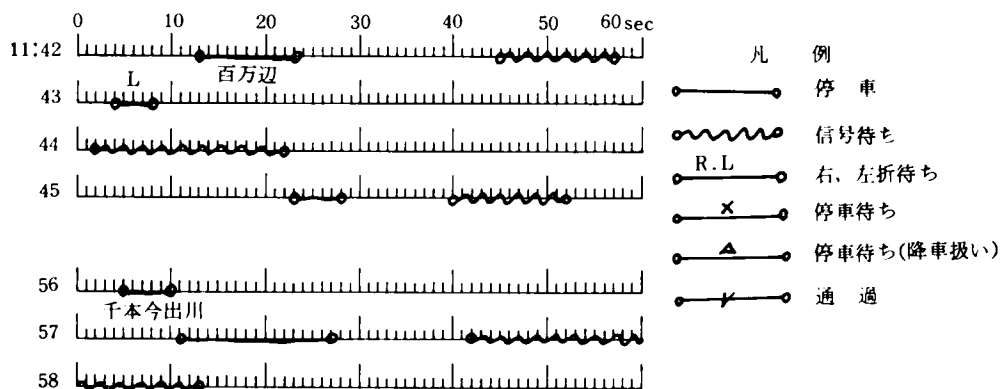


図 3.2.4 調査用紙と調査結果の一例

- ① 停車時間; バスがバス停留所で乗客の乗降のために扉をあけている時間
- ② 停車待ち時間; バス停留所に接近しているが前に他のバスがいるために乗降を取扱わずに前のバスが発車

果があるかを知るためには、バス運行時間に占める走行時間、信号待ち時間、乗客の乗降のための停車時間などの割合を知り、走行時間の短縮可能性を調べる必要がある。そこでつきに、バスの実際の運行実態にもとづいて考察を行う。

3・2・2 バス運行実態とその考察

バス輸送の問題点のうち、バスの運行時間に着目してバス運行実態調査を行なった。ここにその調査方法と結果を述べる。

表 3.2.2 調査対象バスと発車時刻

	内まわり		外まわり	
	日	百万遍発	日	百万遍発
早朝	20	5:49	20	5:48
	21	5:49	21	5:48
	22	5:49	22	5:48
	内まわり		外まわり	
	日	壬生発	日	壬生発
昼間	22	10:57	22	11:11
	22	11:05	22	11:24
	22	11:12	22	11:34
	22	11:52	22	12:12
	22	11:53	22	12:21
	22	12:01	22	12:31
	23	10:57	23	10:46
	23	11:09	23	11:01
	23	11:11	23	11:15
	23	11:51	23	11:49
	23	12:08	23	11:58
	23	12:08	23	12:16

するのを待っている時間

- ③ 停車待ち時間(降車扱い) : ②と同じ状態であるが降車だけを取扱っている時間
- ④ 信号待ち時間; バスが交差点の直前で青信号の現示を待つ時間
- ⑤ 右左折待ち時間; バスが交差点内の右折または左折のための進行為可能になるまで待つ時間
- ⑥ 走行時間; 上に定義した時間以外のバスが走行している時間

(3) 調査結果と考察

調査結果は各道路区間の特性を考慮し、四条通、東大路通、今出川通、千本通、の4つの区間に分けて集計した。なお千本通では千本今出川ー壬生間について集計した。

調査結果の区間別集計を表3.2.3に示す。この表にもとづいて昼間サンプルの運行所要時間の構成を図3.2.5に、四条通の昼間と早朝の運行時間の構成比較を図3.2.6にそれぞれ示す。これらの図・表から以下のことがわかる。

- ① 表定速度には四条通とそれ以外の区間とでは明白な差がある

表 3.2.3 運行時間にしめる各時間の構成割合(%)

区間	時刻	表定速度 km/h	走行時間	信号待ち 時間	停車時間	停車待ち 時間(降車)	停車待ち 時間	右左折待ち 時間	運行時間 (秒)
四条大宮	昼	11.6	61.0	24.8	11.3	0.6	2.1	0	807
祇園	早	19.5	80.4	15.0	4.6	0	0	0	481
祇園	昼	9.1	60.3	26.1	10.5	1.0	0.8	1.5	1024
四条大宮	朝	17.4	75.2	20.6	4.2	0	0	0	535
祇園	昼	16.0	62.6	23.5	13.0	0	0.1	0.1	629
百万遍	朝	16.3	79.0	19.3	11.7	0	0	0	617
百万遍	昼	15.9	62.2	24.4	12.6	0	0	0.7	633
祇園	朝	17.2	77.7	17.9	4.4	0	0	0	584
百万遍	昼	15.2	63.7	25.7	9.8	0	0	0.8	804
千本今出川	朝	16.6	84.6	11.1	4.2	0	0	0	734
千本今出川	昼	15.7	66.1	22.0	11.2	0	0	0.8	779
百万遍	朝	17.1	75.2	19.1	5.7	0	0	0	717
千本今出川	昼	17.1	65.4	22.8	11.3	0.2	0.3	0	588
壬生	朝	17.1	75.0	19.5	5.5	0	0	0	587
壬生	昼	15.1	62.8	26.5	9.8	0.2	0	0.5	669
千本今出川	朝	15.9	74.8	20.3	4.9	0	0	0	634

り、四条通ではバスが円滑に運行されていない。

② 運行所要時間の構成は各区間ともほぼ同じ傾向にあり、走行時間が60～66%、信号待ちが22～27%、停車時間が10～13%となっている。

③ (i) 四条大宮→祇園間の昼間の所要時間の平均は早朝に比較して68%も長い。(ii) この区間の昼間と早朝の所要時間差に占める走行時間、信号待ち時間の割合は、それぞれ34.8%、39.7%である。

④ (i) 祇園→四条大宮間の昼間の所要時間の平均は早朝に比較して91%長い。(ii) この区間の昼間と早朝の所要時間差に占める走行時間、信号待ち時間の割合は、それぞれ44.1%、32.4%である。

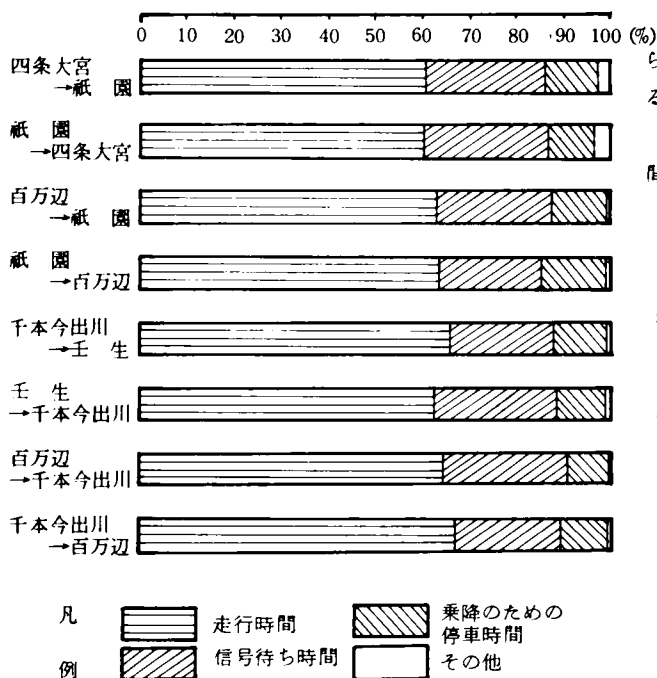


図 3.2.5 運行所要時間の構成

がある。

3・2・3 バスレーン設置の効果

3.2.2 で述べたように、バスレーンの設置によって走行時間ひいては運行所要時間の短縮が期待される。これ以外にもバスレーンには直接的、間接的に種々の効果が期待される。

バスレーン設置による直接的ならびに間接的效果をバス利用者、一般車利用者、バス事業経営、市民生活、環境の5つの項目に分けて、表 3.2.4 に示す。なお、ここに一般車とは、バスならびに緊急車を除いた自家用乗用車、タクシー、ハイヤー、貨物自動車を総称して呼ぶこととする。

まずプラス効果について以下に考察する。

(1) バスレーン設置のプラス効果

① バスの運行速度の向上

バスレーン設置区間において、バスは走行中あるいは停留所での発進・停止の時に一般車に妨害されることがないために、バスの運行速度が向上する。

② バス運行の確実性の向上

バスレーン設置区間内ではバスは一般車の交通量や混雑の影響をあまりうけずに走行でき、運行速度の偏差が小さくなり、時刻表通りの運行が可能になって、確実性が向上する。

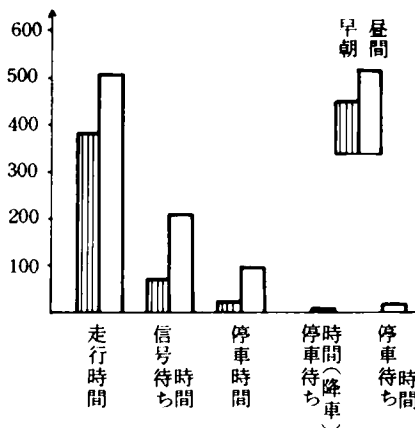
なおこれは運行所要時間の正確さや、総所要時間の短縮、バスが停留所へ到着する時間間隔の正確さまたは到着時間間隔のみだれの減少、あるいはバスのだんご運転状態の減少として表現される。

③ 乗客の待ち時間の短縮

⑤ バスの円滑な運行を妨げる要因は③④から走行時間の増大と信号待ち時間の増大であるといえる。

⑥ バスレーンの設置により、バスの走行時間ひいては運行所要時間が短縮される可能性

(a) 四條大宮－祇園間



(b) 祇園－四條大宮間

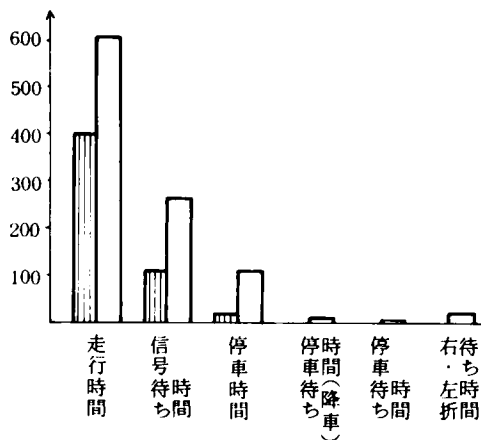


図 3.2.6 早朝と昼間の運行所要時間の構成比率

表3.2.4 バスレーン設置の効果

	バス利用者	一般車利用者	バス事業経営	環境・社会
直接効果	迅速性の確保 待ち時間の短縮 目的地までの所要時間の短縮		バスの表定速度の向上 運行時間の短縮 運行確実性向上	総自動車交通量の減少 排気ガスの減少 騒音の減少
間接効果	積残し数の減少		乗客数の増加 車両費走行経費の減少などによる経営改善	交通事故の減少 エネルギーの有効利用
マイナス効果		一般車の交通容量の減少 走行速度の低下		
間接効果				荷物の積おろしの不便の増加 乗降が禁止されて不便になる バスレーン設置に関する費用の増加

バスが時刻表通りの運行をすれば、乗客は時刻表にあわせて停留所へ来ればよい。待ち時間は短縮される。あるいは別の表現をすれば、到着時間間隔のみでれば少なくなり、だんだん運転が減少すればこれらによって乗客の待ち時間は減少する。

④バス利用者数の増加

バスの運行が確実にになりバスが交通機関としての信頼性を回復することと、一般車の速度低下もあって、一般車からバスへの利用転換が生じて、バス利用者数が増加する。

⑤都市内の総自動車交通量の減少

一般車からバスへの利用転換が

生じると、一般車の交通量が減少し、都市全体の自動車交通量も減少する。

⑥交通騒音、排気ガスの減少

表2.2.1に示されるように、一般車よりもバスの方が1人あたりの燃料消費は少ない⁵⁾ので、一般車からバスへの利用転換が生じると都市内を走行する総自動車台数の減少とそれともなる排気ガスの減少によって生活環境が向上する。また振動や排気ガスによる建築物や植物への被害も減少する。

⑦交通事故の減少

総自動車交通量が減少すると、他の交通規制の効果とあいまって交通事故の減少を促す。

⑧バス事業主体の経営改善

バスの運行速度の向上により乗務員や車両の回転が早くなって、車両費や走行経費が節減され、バスの運行確実性向上による乗客数の増加もあって経営が改善される。

⑨エネルギーの有効利用

一般車よりもバスの方が1人あたり燃料消費量は少ない⁵⁾ため、エネルギー資源の有効利用に役立つ。

(表2.2.1参照)

上に述べたバスレーン設置効果のうち、運行所要時間の短縮に関して、実際に大阪府のバスレーン設置区間で調査された資料⁶⁾を表3.2.5に示す。この表によれば、バス専用レーンの設置によって、バス運行所要時間は大部分の区間で2分の1以下に短縮され、バスレーン設置が運行所要時間短縮に効果のあることがわかる。

(2) バスレーン設置のマイナス効果

①一般車の交通容量減少

バス優先レーン内ではバスの走行中に一般車はバスレーン内に入れず、また専用レーンの場合、一般車は1車線分を利用できない。従ってバスレーンを設置すれば、利用できない車線分だけ一般車の交通容量が減少する。

②走行速度の低下

以下に述べる3種類の速度低下がある。

(1) バスレーン区間内の一般車の速度低下

表 3.2.5 バスレーン設置による所要時間の短縮効果

路 線 名	区 間	設置距離	所要時間(分)		北 設置後 設置前
			設置前	設置後	
府道木屋・交野線	香里ヶ丘10丁目～香里本通町(西行)	1300	20	6	0.33
府道恩知東大阪線	山本1号踏切～山本町北5丁目(南行)	1700	15	5	0.33
府道堺大和高田線	蔵前町通～北三国ヶ丘 (西行)	2020	30	7	0.23
府道枚方・亀岡線	芥川2丁目～真上町3丁目 (南行)	1200	15	6	0.40
府道枚方・交野・寝屋川線	奏北口～早子町15 (西行)	780	15	4	0.26
府道杉田、口禁野線	出屋敷～かささぎ橋 (西行)	3500	25	13	0.52
府道枚方・大和高田線	枚方市役所前～岡東町17 (西行)	280	6	1	0.17
府道守口・門真線	巢 本～大和田駅前 (西行)	1400	16	6	0.38
市道 元大阪羽曳野線	平野田畑町～平野京町3丁目(北行)	450	16	3	0.19
市道柴谷平野線	平野公園東口～平野田畑町 (西行)	350	7	1	0.13
市道瓜破長吉・久宝寺線	長吉大友町～長吉城山東(西・北行)	1100	10	5	0.50
市道 南 北 線	肥 後 橋～中央郵便局前 (北行)	900	13	5	0.38
市道 天 満 川 口 線	淀 屋 橋～肥 後 橋 (西行)	350	8	2	0.25
市道 天 満 川 口 線	土佐堀通4丁目～肥後橋 (北東行)	900	4	2	0.50
府道 大阪・和泉・泉南線	阿部野近鉄前～推寺町 (南行)	1150	14	5	0.36

注) 大阪府警本部資料³⁾による。

上記のように一般車に対する交通容量が低下するため、従前のままの交通が流れれば一般車の走行速度が低下する。

(Ⅱ) 区間両端部の速度低下

バスレーン設置区間ではあたかも道路幅員が狭くなったのと同じ効果があり、その両端部で交通混雑が生じて、バスや一般車の走行速度が低下する。

(Ⅲ) 区間周辺部の速度低下

バスレーン設置区間周辺部では、レーン設置区間を回避する一般車のために交通量が増加する。その結果バスレーンを設置しない区間でバスや一般車の走行速度が低下する。

③ 駐停車禁止による一般車の不便

バスレーン設置とともに、タクシーなどが乗降のため停車する以外は路側での駐停車禁止が行なわれる。このためレーン設置区間の商店などの業務用車や買物客の自由な乗降や荷物の積みおろしが禁止されて不便になる。

④ バスレーン設置費用

これはマイナス効果というよりは、費用に関するものである。バスレーンを設置する場合、道路側端にバスレーンを示す標識やレーン設置にともなう駐停車禁止の標識の設置や道路面のバスレーン標示をするための費用が必要になる。これは1標識、1標示あたりの費用と設置区間長から定められる。

以上に述べたバスレーン設置による種々の効果を、のちに述べる3.4のバスレーンの総合評価要素として用いる。

3・2・4 バスレーン設置の効果の測定法

バスレーンの設置による種々の効果を把握する手段として、つぎの3つが考えられる。

① 実際の規制を実施している地域や道路の交通流動を調査し、実施前の流動実態と比較してその効果を解析する方法。

② 交通規制に対するアンケート調査を実施して市民の主観的な評価を分析する方法。

③ 交通規制の実施による交通状態をシミュレーションモデルによって推測する方法。

以下にこれらの特徴について述べる。

(1) 交通調査によってバスレーン設置効果を推測する方法

ここではバスレーン設置効果を測定するための交通調査を行なう場合に必要な調査の内容、及び交通調査の長所・短所について考察する。

(a)調査内容

実際にバスレーンを実施した道路区間又は地域内において、規制前と規制後とで以下に述べる諸変数の変化を調べる。

1) 一般車に対する交通調査項目

- ①交通量；車種別，時間帯別交通量
- ②速度；表定速度，走行速度
- ③交通渋滞の回数，継続時間
- ④交通事故発生件数
- ⑤信号待ち行列長，台数など

2) 公共交通機関（バス，市電）の運行状況

- ①運行所要時間
- ②運行所要台数
- ③区間平均速度
- ④停留所への到着時間間隔
- ⑤停留所での乗降客数など

3) 乗客へのサービス状態

- ①乗客の停留所での待ち時間
- ②積み残し数
- ③混雑度；乗客数対定員比
- ④乗りかえ回数など

4) その他

- ①大気汚染
- ②騒音
- ③公共交通機関の乗客数
- ④公共交通機関の経営状態など

これらの諸変数の中で，たとえば車種別交通量，表定速度，渋滞回数などは各都道府県警察本部によってバスレーンの実施の前後で測定されたものがある。¹¹⁾

(b)交通実態の解析によりバスレーン設置効果を測定する方法の長所・短所

バスレーン設置効果を測定するための交通調査では，前述した諸変数を測定するが，交通調査には以下に述べる長所・短所がある。

1) 長所

- ①測定区間について確実にデータを得ることができる。
- ②データによる実際の解析のために説得力がある。

2) 短所

- ①調査には多くの時間と費用を要することがある。
- ②規制の前後に調査する必要があるが，これが欠けていると規制の効果を解析できない。
- ③試行的に実験を行なう場合，一時的な規制であれば市民の協力が得にくく，本来のバスレーンを実施したときとは異なった交通状態を生じる恐れがある。

④バスレーン設置に対する多くの代替案がある場合、どの案がよいかを実験で調べようとしても一部分しか実行できず、すべての案を実際の都市で試行することは困難である。

(2) アンケート調査によってバスレーン設置効果を測定する方法

交通規制を実施する場合に、人々の規制に対する意見や反応を調べて、バスレーンを実施すればどれだけの効果が期待できるか、あるいは規制を実施するかどうかの判断資料を得るのが目的である。すでにバスレーンを実施した他の道路区間のアンケート結果があれば、それを類似の区間のバスレーン実施の効果として推測できる。

(a) アンケート内容

アンケートではたとえば以下のような事項について質問を行なう。

- ①交通機関の利用種別と選択要因
- ②交通機関に対する不満とその要因
- ③交通機関の利用転換意志の有無と理由
- ④交通規制に対する意識・賛否と理由
- ⑤交通規制実施時の行動とその理由
- ⑥交通規制に対する要望など

アンケート調査にはつぎのような実例がある。

大気汚染を減らすために車の都市内乗り入れ規制を行なう場合の協力度と協力できない理由などに関する調査¹²⁾

大気汚染防止策の一環としての種々の交通規制に対する賛否に関する調査¹³⁾

バスレーン設置時に自家用乗用車からバス利用への転換意志の有無とその理由などに関する調査¹⁴⁾

(b) アンケート調査によってバスレーン設置効果を測定する方法の長所・短所

アンケート調査では、前述した項目などを具体的な交通規制に対する質問項目として作成し調査と解析を行なうが、アンケート調査には以下に述べる長所・短所がある。

1) 長所

- ①直接に交通規制に対する人々の考え方や規制に対する態度を知ることができる。たとえば、交通機関に対する要望や不満と交通規制に対する意識・行動との関連を知ることができる。
- ②調査の解析により人々がどのような交通規制を望んでいるかがわかる。
- ③調査を今後の交通規制にいかすことができる。

2) 短所

- ①調査には多数の人員、日数、多額の費用を必要とする。
- ②調査項目の配置や質問のしかたで回答内容が異なることがある。
- ③解析のためのデータ整理に手間がかかる。
- ④様々な階層の人々から種々の要求がある場合、それらの階層間の意見調整に手間とることがある。

(3) シミュレーションモデルによりバスレーン設置効果を測定する方法

現実の交通状態、人や車の行動を数式モデルや交通流擬似モデルで表現し、各種の道路、交通条件の変化や交通規制による影響を解析するものである。

シミュレーションモデルの解析内容及び長所・短所について以下に述べる。

(a) 解析内容

シミュレーションモデルでは一般に以下のような項目を解析することができる。

1) 公共交通機関の運行状況に関する項目

- ①運行所要時間
- ②区間所要時間

③停車時間（停留所及び交差点）

④表定速度、走行速度

⑤運行必要台数

⑥停留所への到着時間間隔

⑦だんご状態の生じる回数など

2) 公共交通機関の利用者に関する項目

①停留所での待ち時間

②目的地までの所要時間

③積み残される人数など

3) 一般車の解析項目

①交通量；車種別、時間帯別交通量

②表定速度、走行速度

③区間走行時間

④交差点での信号待ちの長さ、台数

⑤追越回数など

4) その他

①総走行人時間

②総走行台距離

③ODの経路別、機関別輸送人員

④排気ガス・騒音などによる環境の被害

⑤交通事故件数

⑥公営交通の経営状態

⑦事務所・商店などの経済状態

すでに行なわれたシミュレーションモデルには、たとえばつぎのようなものがある。

地区街路の一般車の交通量の変化と地区の環境などへ与える影響を解析する研究¹⁵⁾

公共交通機関の運行状況と利用者のサービス指標を解析する研究¹⁶⁾¹⁷⁾

都市内のバス台数・一般車交通量・交通機関別利用者数などのそれぞれの変化を解析する研究¹⁸⁾

これらにみられるように、多方面で交通規制の効果を測定するためにシミュレーションモデルは用いられている。

つきにシミュレーションモデルの長所・短所について述べる。

(b)バスレーン設置効果を測定するためのシミュレーションモデルの長所・短所

シミュレーションモデルにはつぎのような長所・短所がある。

1) 長所

①必要なデータがあればバスレーン設置の影響を解析できる。

②完成したモデルと必要なデータがあれば、バスレーン設置効果を測定するための時間があまりかからない。

③実験区間での調査やアンケート調査よりも手間がかからず簡単に解析できる。費用の面では人件費に多額の金を必要としない。

④種々のバスレーン設置代替案の効果を比較検討することができる。

⑤試験的にバスレーンを実施するときのような迷惑を一般市民に与えることがない。

2) 短所

①モデルに必要なインプットデータの整理に時間がかかる。

- ②プログラムの作成に多くの労力と時間を必要とする。
- ③記述を詳しくすると解析に関係ない変数までも含まれることになり、計算時間が長くなることがある。
- ④モデルの妥当性を検討する必要がある、これを欠くと現実と離反したモデルになる。
- ⑤電子計算機で解析するため、計算機の記憶量の制限から大規模な都市における解析や精密な解析はできない。そのため都市構造を簡略化したりモデルの記述を簡単にする必要がある。

(4) 3つの方法の比較

バスレーンの効果を把握する場合、アンケート調査による方法は規制に対する人々の不満・要望・交通規制への対応のしかたを知ることができる長所がある。しかし実際の自動車交通量の減少度合、速度の増加などを数値で知ることは困難である。

交通調査による方法は、速度の増加、自動車交通量の減少など確実に数値を得ることができるのが長所である。しかし、バスレーン設置効果を解析するにはバスレーンを実施する以前の調査を行なう必要がある。またバスレーンの代替案が複数個ある場合、実際の都市ですべての案を実験することは困難である。

シミュレーションモデルによりバスレーン設置効果を測定する方法は、種々のバスレーン設置代替案の効果を解析できる。しかしモデルのインプットデータの整理や、モデルの作成に多くの時間を必要とする。

バスレーン設置効果を測定するため、ここで述べた3つの方法はそれぞれ長所・短所があるが、本研究ではシミュレーションモデルを用いて、バスレーン設置効果を解析することとし、3.3でモデルの概要を説明する。

3・3 バスの走行挙動に関するシミュレーションモデルについて

3・3・1 シミュレーションの定義

シミュレーションとは、現象の中から研究にとって本質的と考えられる側面を選択し、次に示す3つの項目を考慮して、実験的、操作的に研究を行なう方法である。¹⁹⁾

1) 現象の表現方法

- ①決定論的に表現する。(物理的、数学的表現)
- ②確率的に表現する。(モンテカルロ法など)
- ③準決定論的に表現する。²⁰⁾
- ④言語的に表現する。¹⁹⁾

2) 解析を行なう媒体

- ①人間
- ②人間と機械
- ③機械；コンピュータを一例としてとりあげれば、次の2つの種類がある。

- (i)アナログ・コンピュータ
- (ii)ディジタル・コンピュータ

3) 現象との時間的対応

- ①実現象時間を短縮して再現する。
- ②実現象時間を延長して再現する。
- ③実現象時間に即応して再現する。

現象再現には次の2つの表現がある。

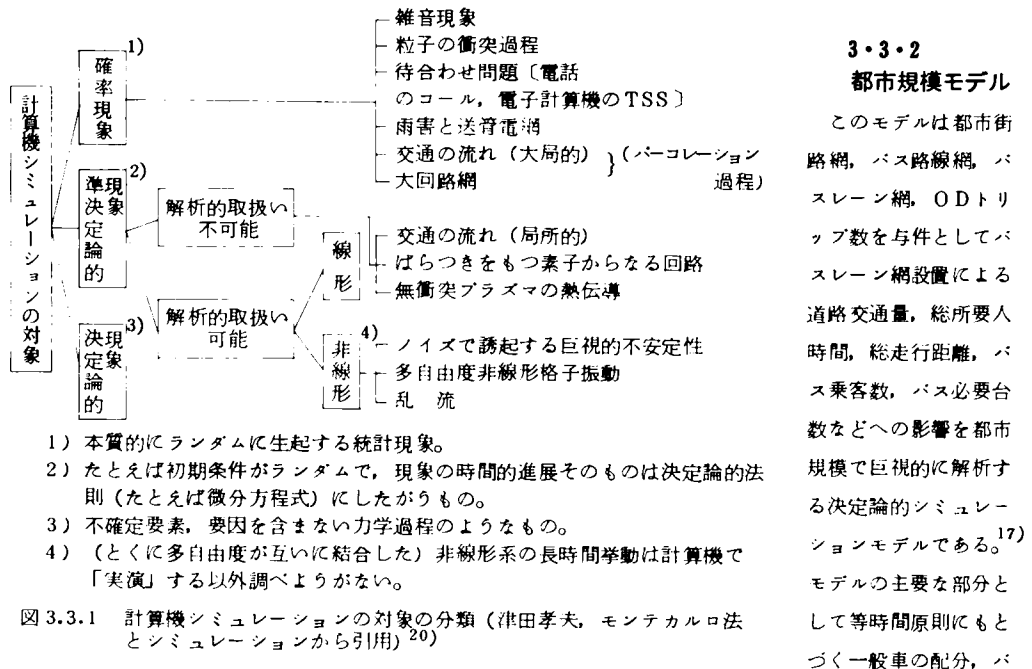
- (i)時間に対して連続的に表現する。
- (ii)時間に対して離散的に表現する。

以上に述べたことをふまえて、本研究では1)の①②③、2)の③(ii)、3)の①(ii)に着目する。

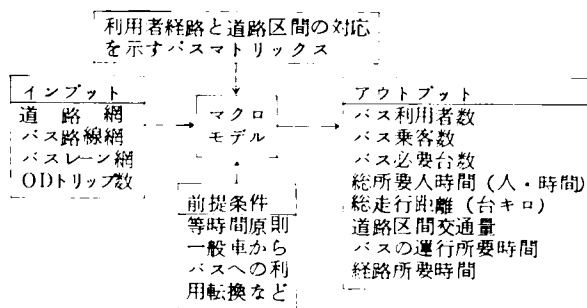
なお津田孝夫氏によれば、計算機シミュレーションには図3.3.1に示される対象がある⁸⁾が、本研究の対象とするバスの走行挙動などの交通現象は、確率的あるいは決定論的にあつかえない準決定論的現象である。こ

のためバスレーン設置などの交通規制がバスの走行挙動に与える影響を解析するには、計算機シミュレーションを用いる必要がある。

次節以下で、解析の目的、解析方法、解析内容それぞれに相違がある、バス走行挙動に関する3つのシミュレーションモデルの概要と特徴について述べる。

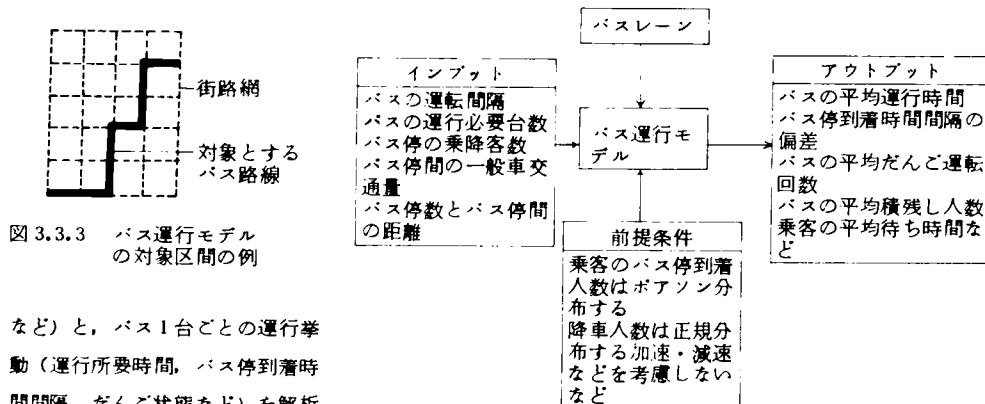


このモデルでは、所要の解析結果を得るのに必要な計算機の演算時間は、他の2つのモデルと比較して、中程度の長さである。ちなみに、京都大学大型計算機センターのFACOM-230-75ではノード数6×6 街路網でCPU時間は50～100秒、コア占有時間は200～415秒である。



3・3・3 バス運行モデル

このモデルは図3.3.3に示されるような一つのバス系統の路線全体を対象とする。バス停留所ごとの乗降人数および街路区間の一般車交通量を与件とし、各バス停ごとの乗客へのサービス状態(待ち時間、積残し人数



など)と、バス1台ごとの運行挙動(運行所要時間、バス停到着時間間隔、だんど状態など)を解析

する数式モデルである。バス停間

図 3.3.4 バス運行モデルのインプット・アウトプット

の走行は加速・減速を考慮せず、バスの走行時間に影響を与える一般車の1時間あたり交通量と、バスの平均走行速度の関係を Q - V 式で表わす。バス停の乗客の到着人数はポアソン分布、降車人数は正規分布するものと仮定し、モンテ・カルロ法による擬似乱数を発生させて到着人数、降車人数を求める。このため、一部分は確率モデルになっているので、3.2.1に述べたように、このモデルは準決定論的シミュレーションモデルといえる。モデルの条件、インプット、アウトプットを図3.3.4に示す。

本モデルでは、一つのバス路線の所要の解析結果を得るのに必要とされるコンピュータの演算時間は前述のマクロモデルよりも短い。ちなみにノード数 6×6 の街路網の中のバス停留所が52の路線では、1回の実験に要するCPU時間は4秒弱、コア占有時間は23秒程度である。もちろん、確率事象を含むため、数回以上の実験をする必要があるけれども、それでもマクロモデルの演算時間よりは短い。

なおこのモデルは一つのバスシステムの路線を対象にしているが、前記のマクロモデルと結合すれば、都市全体のバス路線を解析することも可能である。

バス運行モデルには、表3.3.1に示される類似のモデルがある。^{17) 21)}

本モデルは表3.3.1に示す、他のモデルに比較して次の3つの特徴がある。

①バス停間の走行時間を Q - V 式から求めるバス停間の平均速度を用いて算出する。従ってバスレーン設置によるバス速度の変化、すなわちバス停間走行時間の変化を表現できる。

②乗客の待ち時間を、バス停に到着する1分間ごとの人数別に算出する。これは表3.3.1に示す安東モデル¹⁷⁾と同じである。

③バス同士の追越しを認める場合に、その時のバスの走行挙動を解析できる。

3・3・4 街路区間モデル

このモデルは、図3.3.5に示すような街路網の一部分の道路区間を対象とする。バスレーンを設置する場合に、バスの運行挙動やバス乗客に対するサービス指標を解析するとともに、バス以外の一般車に与える影響を車1台ごとに把握するのが目的である。このために、前述の2つのモデルと対比してミクロモデルと呼ぶ。このモデルは数式モデル(物理式)とモンテ・カルロ法による確率モデルを用いる。モデルではバス並びに一般車の加速・減速を考慮し、前後の車の車種と位置から加速・減速・停止・発進・進路変更を決定する。実際の車の流れと行動をできる限り再現する交通流擬似モデルである。この点で3.3.1で述べた準決定論的シミュレーションモデルといえる。モデルのインプット、アウトプットを図3.3.6に示す。

モデルはコンピュータでタイム・シーケンシスに実行されるが所要の結果を得るためのコンピュータの演算時間は、相当長い時間を必要とする。ちなみに3つの街路区間、全長900mのとき、1時間の解析をするのに1回の実験あたりCPU時間は1～5分、コア占有時間は2～20分である。このため、あまり長い道路区間に

表3・3・1 各種のバス運行モデルの比較

比較項目	モデル	RAT Pモデル (Dedckindt & Griffe)	PIMモデル (バロック Bollock)	LTEモデル (Oliver モデル)	TRRLモデル (Bly and Jackson モデル)	高岸・戸松 モデル	天野・柏谷 モデル	安東モデル	本モデル
目的		バスの運行挙動の解析	バスコントロール方策の検討、バス運行計画ルートの検討	バスルートにそった駐車規制の影響を解析する	種々のバスコントロール方策の検討	バスの運行をみだす要因の分析、バスの運行挙動の解析	通勤時間確実性を与えるバスの発車間隔とその変動の解析	同 左	バスの運行挙動の解析、バスコントロール方策の検討
他系統バスによる走行および乗客の影響		考慮しない	考慮しない	考慮しない	考慮する	考慮しない	考慮しない	考慮しない	考慮しない
バス停間の走行時間		バス停間の走行時間を γ 分布で与える	正規分布で与える	γ 分布で与える	同 左	正規分布する	同 左	バス停間の走行速度は正規分布する	0- θ 式で考慮する。バス停間の走行速度は正規分布する
ル ー ト			一 方 向	往 復 巡 回	巡 回	都市郊外から都心へ向かう一方、100台のバスが最終バス停につくまでの時間	同 左	同 左	巡回または往復 全てのバスが出発したバス停にもどるまで
解析対象時間				全てのバスが最初出発したバス停にもどるまで3時間分	夕方2時間半	313.6秒(約5分)の等間隔発車	朝方の1時間	朝方の2時間	同 左
発車間隔		等間隔発車	2、3分の等間隔発車	6、7分の等間隔発車	3～6分の等間隔発車	313.6秒(約5分)の等間隔発車	等間隔ならびにランダム発車3～5分	同 左	等間隔発車2、4、8分
だんご運転・積残し数		考慮しない バスの到着時間間隔の $\frac{1}{2}$ とする	同 左 考慮する	同 左 考慮しない バスの到着時間間隔の $\frac{1}{2}$ とする	考慮する 同 左	考慮する 同 左	考慮する 同 左 到着人数の累積分布とバスの到着時刻から求める	同 左 1分毎に到着する乗客数より待時間を計算する	同 左 同 左
待 時 間			—						
降 車 人 数		バス停間のODパターンとして与える ODパターンから各バス停の平均到着人数を与える	各バス停間のODパターンとして与える	各バス停ごとに降車する確率を与える	ODパターンとして与える 同 左	乗車中の人数に一定率を乗じる 各バス停ごとに平均到着人数を与える	降車はあつかわれない 各バス停ごとに平均到着人数の累積分布を与える。この分布とバス到着間隔から人数が定まる	同 左	バス停ごとに平均降車人数を与える 同 左
乗 車 人 数			同 左	同 左	同 左				
到着分布		指数到着	ポアソン分布	指数到着	指数到着	ポアソン分布	累積分布	ポアソン分布	ポアソン分布
平均乗車人数の時間的変動		考慮する (15分単位)	考慮しない	同 左	考慮する	考慮しない	同 左	簡単な分布形で考慮する	考慮しない
乗車時間と乗車人数の関係		線 形	非線形	線 形	非線形	線 形	非線形	非線形	線 形
走行時間に与えるバスレーンの影響の解析		不 可	不 可	不 可	不 可	不 可	不 可	不 可	Q- θ 式に組込み可能
そ の 他 の 特 徴				駐停車によるバス走行の遅れ確率と平均遅れ時間を対象的に与える	バス運行ダイヤにもとづくバス停発車制御				
バス同士の追越		なし	—	—	認める	なし	なし	なし	認める

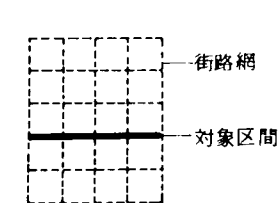


図 3.3.5 ミクロモデルの対象区間の例

は適用しにくいし、いわんや都市内全街路網を扱うことはできない。つまり都市全体のバスレ

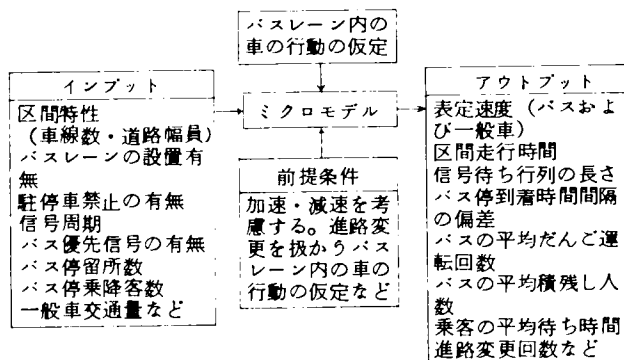


図 3.3.6 ミクロモデルのインプット・アウトプット

このモデルの特徴は、路側における駐停車の状況（駐停車禁止規制を含む）、バスレーンを道路の中央線寄りに設置するかあるいは路側寄りに設置するかによる違い、信号の周期やスプリットの影響、交差点の影響などを表現し、あるいはこれらによる影響の違いを把握できることである。

なお本モデルと類似のものに、池之上氏の「街路網交通のシミュレーション」²²⁾や、片倉氏の「バスレーンのシミュレーション」²³⁾がある。前者は米国のTRANSモデル²⁴⁾の考え方にもとづいてモデルを構成しており、ネットワークのリンク内を、車が進行する距離を一つの元素として分割し、1スキャン内に車は1元素移動するようにしている。後者も、道路を小区間のブロックに分割し、バスについては1台ごとの動きをとらえ、一般車についてはブロック内の車両密度にもとづいて平均走行距離を算定し、シミュレートを行っており、この方法は従来から用いられている。²⁵⁾

ところが本モデルでは、単位時間ごとにバスおよび一般車の1台ごとの道路区間内での位置を記憶し、それぞれの車の位置にもとづいて車1台ごとに加速・減速・進路変更などの動きをシミュレートするものである。

3.3.5 3つのモデルの特徴比較と相互関係

バスレーンを効果的な交通規制とするためには、バスレーン設置の影響を適確に把握し能率的にバスレーンを指定配置する必要がある。

バスレーン設置効果の側定方法には、3.2.4 (1)で述べたように、道路区間に実験的なバスレーンを設置して種々の影響を実地調査することも考えられるが、3.2.4 (1)で述べたように種々の欠点がある。

これに対してシミュレーションモデルを用いる方法は、3.2.4 (3)に示したような特徴をもち、種々のバスレーン設置代替案に対する効果を比較することが可能である。

(1) 3つのモデルの特徴比較

バスレーン設置がバスの運行状態、バスの乗客、一般車の利用者に与える影響を側定するシミュレーションモデルとして、前節の3.3.2、3.3.3、3.3.4で次の3つのモデルを概説した。

- 1) 都市規模モデル（マクロモデル）
- 2) バス運行モデル
- 3) 街路区間モデル（ミクロモデル）

これら3つのモデルの特徴は表3.3.2に示すようである。

バスレーンを設置する場合、次に述べる2つの点を考慮する必要がある。

① 街路網のどの道路区間に設置するか。

この場合に次の2つの側面が考えられる。

(i) 街路網全体からみた効果

— 35 —

(ii) バスシステムの運行からみた効果

②道路区間の路側寄り、中央線寄りのいずれの車線にバスレーンを設置するか。

表3.3.2に示される3つのモデルの特徴を考慮し、①の(i)にはマクロモデル、①の(ii)にはバス運行モデル、②にはマイクロモデルがそれぞれ適していると考えられる。

(2) 3つのモデルの相互関係

3つのモデルの関係を図3.3.7に示す。この図にみられるように、バス運行モデルでマクロモデルの解析結果を利用すれば、バス運行モデルはマクロモデルに従属することになる。しかし、表3.3.2に示されるように表3.3.2 3つのモデルの特徴の比較

項	目	マクロモデル	バス運行モデル	マイクロモデル
モ	目 的	バスレーンの影響を都市規模でみる	バスレーンの影響を一つのバスシステムについて解析する	バスレーンの影響をある任意の区間について解析する
デ	実 行 方 式	イベント・	イベント・シークエンス	タイム・シークエンス
ル	解 析 手 法	等時間原則配分とバス利用転換モデルを用いた数式モデル	バスのみに関する数式モデルと確率モデル	車の行動の擬似モデル数式モデルと確率モデル
の	測 定 の 対 象 区 間	道路網	バスの1系統	街路区間
特	測 定 時 間	1時間分のODトリップをすべて配分される	バスがすべて運行を終了するまで	1時間の測定
性	計算機の実行演算時間*	中程度 (CPU 50~100秒)	短い (4秒)	非常に長い (CPU 1分~5分)
与 件 ・ 前 提 条 件 の 設 定	対 象 と す る 交 通 機 関	バスと一般車	バスのみ	バスと一般車
	都 市 全 体 の 解 析	○	△ ¹⁾	×
	乗降時間・停車時間取扱い	△ ³⁾	○	○
	バスレーンを設置する場合、しない場合の影響	○	○	○
	バスレーンを路側寄り中央線寄りに設置物によるちがい	×	×	○
	駐停車規制などの路側条件の影響	×	×	○
	信 号 周 期 の 影 響	×	△ ²⁾	○
	バ ス 優 先 信 号	×	△ ²⁾	○
	バ ス 発 車 制 御	×	○	○
	だんご運転時の乗降の扱い方	×	○	○
	追越しによる走行車線の変更	×	×	○

注) ○; 可能 ×; 不可能 △; 条件つき可能

* FACOM230-75 による場合のCPU時間

1) マクロモデルと組合わせれば可能。

2) Q- ν 式に信号周期の影響を考慮するか、

2') 信号の周期、青、赤信号による通行可、停止を判断するようにすれば可能。

3) 乗降時間に要する時間はノード間の走行時間にくまれている。

バス運行モデルはマクロモデルは解析できないバスのサービス状態や運行状況を解析できる点で、マクロモデルの補完的役割をはたすと考えられる。すなわち、バス運行モデルはマクロモデルと対等の関係にあるといえる。

ある道路網に一つのバスレーン網を設定する場合、都市全体に及ぼす影響をマクロモデルで把握し、そのバスレーン網における交通状態での、あるバスシステムのバスの運行状況をバス運行モデルによって把握することが一例として考えられる。この場合、都市全体からみたバスレーンの効果を総合的に判断して、バスレーンの設置方法の検討をすることができると考えられる。

ところが表3.3.2に示されるようにマイクロモデルは前に述べた2つのモデルと解析方法が異なり、かつその

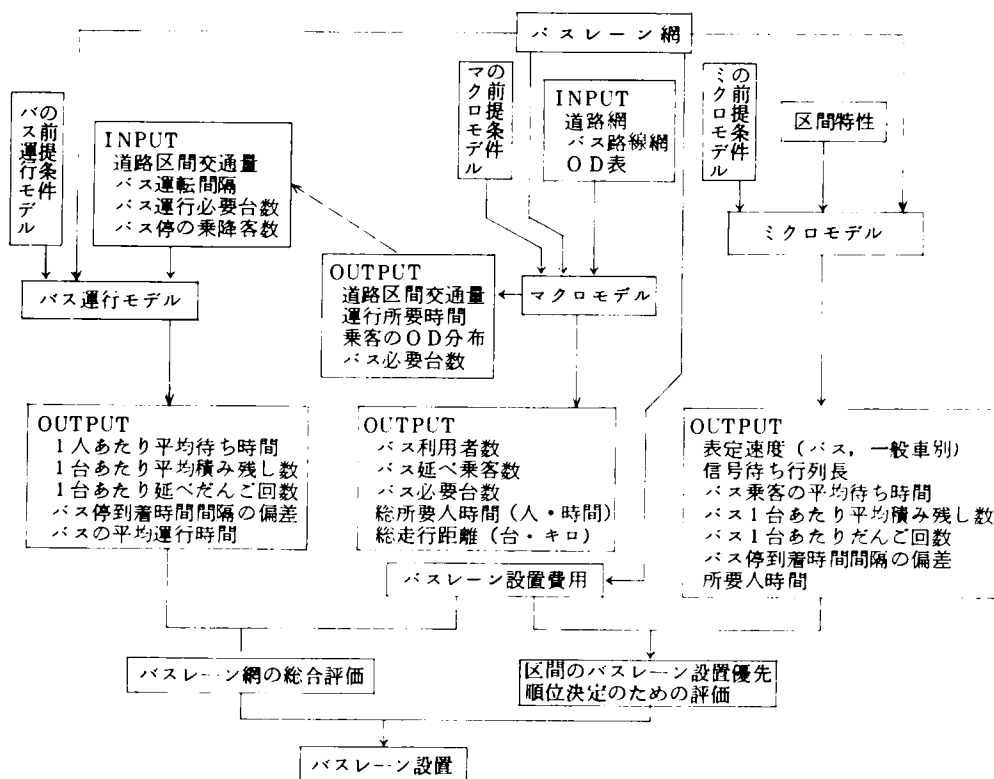


図 3.3.7 3つのシミュレーションモデルの関係

対象区間も小規模である。しかし、マクロモデルやバス運行モデルでは解析不可能な駐停車している車の影響、バスレーン設置位置（路側寄りか中央線側か）の違い、信号の影響などを解析することができる。これにより、都市全体のバスレーン網のうち、特定の街路区間の特性を知ることができるだけでなく、実際にバスレーンを設置する場合、他の交通規制、特に駐停車禁止とどのような関係にあるのか、あるいはバスレーンを路側寄りに設ける方がよいのか、中央線寄りに設ける方がよいのかをいった、実施方法についての情報を得ることができる。²⁶⁾

従って、これら3つのモデルの解析結果を総合的に考察することによって、能率的、かつ効果的にバスレーンを設置することができると考えられる。

3・4 バスレーン網の総合評価

3・4・1 概 説

都市におけるバスレーン網を効果的に配置するためには何らかの科学的手法が必要である。そのためにはたとえば2.3および3.3で述べたシミュレーションモデルを用いてバスレーンの効果を評価することが考えられる。

第2章2.4で、交通規制案の評価をする場合、多主体の異なる目的を考慮した多評価基準による評価が有効であることを述べた。本節では、バスレーン網の評価に多評価基準の評価を適用して、一つの評価方法を提案する。この方法は、バスレーン設置のプラス効果に対して便益度・非便益度、マイナス効果に対して損失度をそれぞれ定義し、これら2つの指標を組合せた評価指数を用いる。複数個の評価項目のそれぞれ評価指数間の比重を定めて加算した値を総合評価指数と定義し、これが最小になるバスレーン設置案を最適代替案として評価する方法である。

都市内の幹線街路網において、ノードとノードの間を一つの単位区間とし、それぞれの部分を道路区間と呼ぶことにする。道路区間ごとにバス専用レーンや優先レーンが指定配置される。バスレーンをどの街路区間に指定するか、その指定パターンの違いが都市におけるバスレーン網設置案の違いとして表現される。

3・4・2 便益度、損失度と評価指数について

バスレーンの設置がもたらす効果には、3.2で述べたようにバスに関する運行の確実性の向上・利用者数の増加・経営改善・乗客の待ち時間短縮など、自動車交通量の減少、交通騒音・排気ガスの減少などのプラス効果と、一般車に対する交通容量減少、走行速度の低下などのマイナス効果がある。プラス効果、マイナス効果それぞれの評価指標にはたとえば表3.4.1に示されるものがある。

表3.4.1 プラス効果、マイナス効果の評価項目と3つのモデルのアウトプット

	項 目		評 価 指 標	マ ク ロ	バス運行	ミ ク ロ
プラス効果	バス	区間表定速度向上	区間走行時間と速度	○	○	○
			運行所要時間	○	○	
			バス停到着時間間隔の偏差		○	○
	運行の確実性向上		総所要人時間	○		
			所要人時間		○	○
			だんご運転回数		○	○
	利用者数の増加		積み残し人数		○	○
			延利用者数	○		
			乗客数	○		
	経営改善		車両必要数	○	○	
			乗務員必要数	○(注2)	△(注1)	
		バス乗客の待ち時間短縮	1人あたり平均待ち時間		○	○
	社会環境		追越回数			○
		交通事故の減少	進路変更回数			○
		総自動車交通量の減少	総走行距離	△(注2)		
マイナス効果	一般車	交通騒音・排気ガスの減少	総走行距離	○		
		エネルギーの有効利用	総走行距離	△(注2)		
		交通容量減少	交通容量	△(注3)		
	バス	走行速度の低下	区間所要時間と表定速度	○		○
			経路所要時間	○		
効果	交通	不便さ	信号待ちの行列長さ			○
			路側へのアクセス			△
			バスレーン設置費用	△(注3)		

注) ○：モデルでアウトプット可能

- △
- 1) 車両必要数から間接的に求められる。
 - 2) 総走行距離などから間接的に求められる。
 - 3) バスレーンが定められれば外生的に定まる。

表3.4.1には、前節で述べた3つのモデルのアウトプットとプラス効果、マイナス効果それぞれの評価指標との関係が併記されている。

(1) 便益度と損失度

2.3.2(2)の道路区間の評価方法をバスレーンの評価に応用し、バスレーン網設置案ケース i の便益度 P_i を次式で定義する。

$$P_i = (x_i - x_0) / (x_e - x_0) \quad \dots\dots\dots (3.4.1)$$

ここに

x_0 ; バスレーンがない場合のプラス効果

x_e ; 街路網内の全道路区間専用レーンの場合のプラス効果

x_i ; バスレーン網設置案 i のプラス効果

また非便益度 P'_i を次式で定義する。

$$P'_i = 1 - P_i \quad \dots\dots\dots (3.4.2)$$

同様に、ケース i の損失度 M_i を次式で定義する。

$$M_i = (q_i - q_0) / (q_e - q_0) \quad \dots\dots\dots (3.4.3)$$

ここに

q_0 ; バスレーンがない場合のマイナス効果

q_e ; 街路網内の全道路区間専用レーンの場合のマイナス効果

q_i ; バスレーン網設置案 i のマイナス効果

(2) 評価指数

縦軸に非便益度 P'_i 、横軸に損失度 M_i をとれば、バスレーン網設置に対する値は図3.4.1のようにプロットされる。ここで非便益度に対する損失度の代替率を α とすると、バスレーン網設置ケース i の評価指数 S_i は次式で定義される。

$$S_i = P'_i + \alpha \cdot M_i \quad \dots\dots\dots (3.4.4)$$

この評価指数 S_i は図3.4.1における K_i を通る傾き θ ($\tan \theta = \alpha$) の直線と縦軸との交点で与えられる。

S_i が最小になるバスレーン網設置案が最適なものとして評価されるが、これは α の値が変動すると当然変化する。

たとえば図3.4.1の(a)ではケース3が、(b)ではケース2が、それぞれ最適案となる。

3.4.3 総合評価の一方法

ここでは2.3.2の多評価基準による評価方法を応用し、以下に述べるバスレーンの総合評価の一方法を提案する。

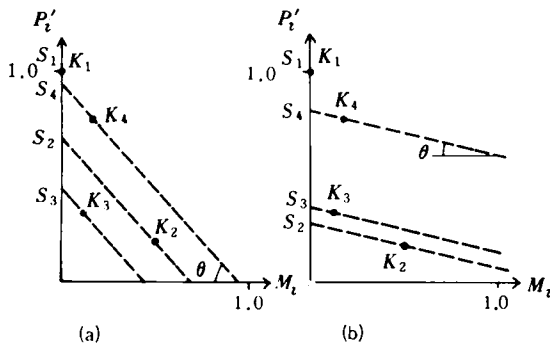


図 3.4.1 バスレーン代替案の評価

まず前述の評価指数を用いて、バスレーン網設置案における種々の評価指標を総合的に評価する方法について述べる。

(1) 総合評価指数と最適代替案

バスレーン網設置案が n 種類あるものとする。各バスレーン網設置案に対して、それぞれの損失度を M_i 、 m 種類の評価項目のプラス効果によるそれぞれの便益度を P_i^j ($j = 1, \dots, m$) とする。また便益度 P_i^j に対する損失度 M_i の代替率を α_j とし、バスレーン網設置案 i の第 j 評価指数 S_i^j を式 (3.4.5) で、総合評価指数 TS_i を式 (3.4.6) で定義する。

$$S_i^j = 1 - P_i^j + \alpha_j \cdot M_i \quad \dots\dots\dots (3.4.5)$$

$$\left. \begin{aligned} TS_i &= \sum_{j=1}^m k_j \cdot S_i^j \\ \sum_{j=1}^m k_j &= 1 \quad k_j \geq 0 \quad (j = 1, \dots, m) \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (3.4.6)$$

TS_i が最小になるバスレーン網設置案 i_0 を以下“最適代替案 i^* ”と定義する。

$$i^* = \{ i_0 \mid TS_{i_0} = \min_{i=1, \dots, n} \{ TS_i \} \} \quad \dots\dots\dots (3.4.7)$$

この i は $\alpha_j, k_j (j = 1, \dots, m)$ が変化すると当然変化する。

(2) 最適代替案の変化と限界面

ところで $k_2 = k_3 = \dots = k$ と仮定すれば、式 (3.4.6) は次式のように変形される。

$$TS_i = k \left\{ (n-1) - \sum_{j=2}^m P_i^j + l M_i \right\} + k_1 (1 - P_i^1 + \alpha_1 M_i) \quad (3.4.8)$$

$$l = \alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_m \quad (3.4.9)$$

$$k = (1 - k_1) / (m - 1) \quad (3.4.10)$$

ここで k_1 および α_1 を定めると、どの案の総合評価指数が最小になるかは、式 (3.4.9) で示される l の値の大小によって決定される。ここでこの l を限界値と呼ぶこととする。このとき、式 (3.4.9) は $\alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_m$ を元とする $(m-1)$ 次元の超平面を表わしている。この超平面の限界値 l が変化すると、ある値のところで最適代替案が不連続に変化する。そこでこの不連続に変化する時の超平面を、最適代替案の選ばれる限界面と定義する。

いま最適代替案の番号の集合を I とする

$$I = \{ i_1, i_2, \dots, i_n \} \quad (3.4.11)$$

このとき仮に $l < l_1$ では $i_1 \in I$, $l_1 \leq l < l_2$ では $i_2 \in I$, $l_2 \leq l < l_3$ では $i_3 \in I$, $l > l_3$ では $i_4 \in I$ がそれぞれ最適代替案として選ばれたとすると、式 (3.4.12) は i_1 の、式 (3.4.13) は i_2 の、式 (3.4.14) は i_3 の、それぞれ最適代替案になる上限面と呼ぶこととする。このとき、式 (3.4.14) は i_4 が最適代替案になる下限面と呼ぶこととする。

$$\alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_m = l_1 \quad (3.4.12)$$

$$\alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_m = l_2 \quad (3.4.13)$$

$$\alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_m = l_3 \quad (3.4.14)$$

上の3つの式の表わす限界面をそれぞれ $\Sigma_1, \Sigma_2, \Sigma_3$ とし、図示すると図 3.4.2 のようである。図 3.4.2 の軸 α_3 と α_2 を含む平面で切断した様子を図 3.4.3 に示す。図 3.4.3 で、原点と座標軸と直線 $l_1 - l_1$ で囲まれる範囲が i_1 の、座標軸と $l_2 - l_2$ と $l_3 - l_3$ で囲まれる範囲が i_3 の、座標軸と $l_2 - l_3$ の直線より上の領域が i_4 の、それぞれ最適案になることを示している。

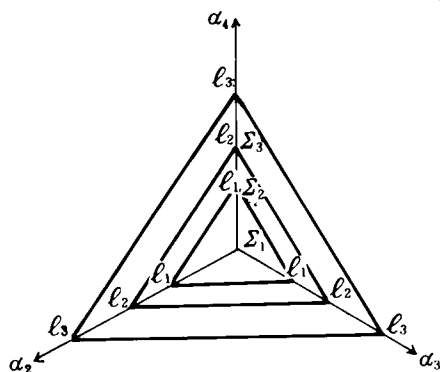


図 3.4.2 限界面

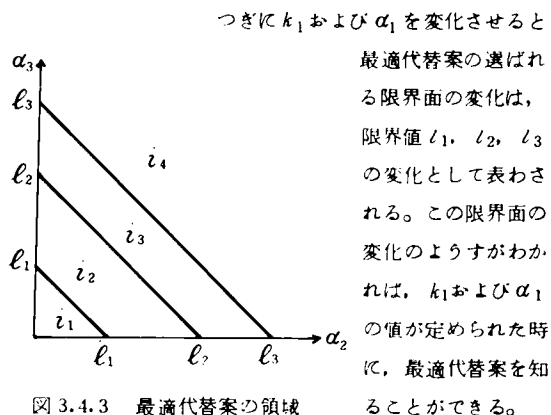


図 3.4.3 最適代替案の領域

ここに提案した評価方法を、のちに 4.5, 5.5 でバスレーン設置効果の試算値に適用し、最適代替案の変動について考察する。

3.5 結 語

本章では、前章で述べた大都市の交通問題のうち、路面交通の混雑解消とバス運行の改善策について考察した。バス輸送には、路面交通の混雑による迅速性・確実性の欠除、輸送効率の低下、バス事業の経営悪化などの問題がある。これらの問題を解決するために、1) 施設・車両の改善、2) 料金支払いシステムの合理化、

3) 自家用乗用車の規制、4) 補助金と賦課金、5) バス系統とダイヤの改善、6) バス優先走行システムの実施、7) 運行システムの改善などの方策について考察した。

このうち1)と2)は、バスの乗降に要する時間を少なくしようとするものである。5) バス系統とダイヤの改善は6)と7)の実施可能性の程度に応じて、はじめて論じうるものであった。なお7)にはバスロケーションシステムやデマンドシステムがあるが、これらは大都市における路面交通の混雑した状況下で大量の交通需要を輸送するのは不適當であると考ええる。以上からバス運行の改善には、バス優先走行システムすなわちバスレーンの設置が必要であることを示した。

つぎにバスレーンの設置延長、設置効果ならびに効果測定について考察した。

(1) バスレーン設置延長の推移

バスレーン設置延長の推移と他の交通規制の設置延長の推移を比較考察し、バス専用レーンの設置延長は年々増加が著しいことを示した。これはバス専用レーンが都市で効果をあげているあらわれであるといえる。

(2) バス運行実態とバスレーンの効果

3.2.2では実際のバス路線で停車時間、信号待ち時間、走行時間などのバス運行実態調査を行なった。運行実態調査によってバスの円滑な運行を妨げる要因は、走行時間の増大と信号待ち時間の増大であることがわかった。この結果、バスレーンの設置によってバスの走行時間が短縮され、ひいては運行所要時間の短縮が可能であることを指摘した。

(3) バスレーンの設置効果

3.2.3ではバスレーンの設置効果について考察した。

バスレーンを設置すればバス利用者、バス以外の一般車利用者、バス事業経営、市民生活・環境に種々の効果が及ぶが、それぞれの効果はつぎのようであった。

1) バス利用者；待ち時間の短縮、目的地までの所要時間の短縮、積み残し数の減少など。

2) バス事業経営；バスの表定速度の向上、運行時間の短縮、運行確実性の向上、乗客数の増加、車両費、走行経費の減少などによる経営改善。

3) 一般車利用者；一般車の交通容量減少、走行速度の低下。

4) 社会・環境；総自動車交通量の減少、排気ガスの減少、騒音の減少、交通事故の減少、エネルギーの有効利用、荷物の積卸しの不便の増加、乗降がバスレーン内で禁止される不便さ、バスレーン設置に関する費用の増加。

上記の効果のうち1)、2)ならびに4)の排気ガス・騒音・交通事故の減少、エネルギーの有効利用はバスレーン設置のプラス効果であり、これら以外はマイナス効果である。

(4) バスレーン設置効果の測定方法

3.2.4では、バスレーンの設置効果を測定する方法として、①交通実態調査、②アンケート調査、③シミュレーションモデルの3つの方法を取りあげた。

①交通実態調査は、測定区間の確実なデータであり説得力があるが、調査に要する時間と費用、規制の前後にわたり調査する必要性、多くの代替案がある場合に一部分の案しか調査が困難な点、試行のための実験をする場合に市民の協力が得にくい点などの短所がある。

②アンケート調査は交通規制に対する人々の態度・要望・不満などを知ることができるが、調査時間と費用、質問のしかたや調査項目の配置の違いで回答内容が異なる可能性、実際に規制を実施するときの自動車交通量や速度の変化などを数値では得られないなどの短所がある。

③シミュレーションモデルは、モデル作成やデータ整理に時間がかかり、電子計算機の記憶容量の制約などの欠点があるが、①や②のもつ欠点がなく、種々のバスレーン設置代替案の効果を解析し、比較検討できる。

バスレーン設置効果を測定する3つの方法にはそれぞれ長所と短所があるが、本研究ではバスレーン設置効果を解析するためにシミュレーションモデルを用いることにした。

(5) バスレーンの効果を測定するシミュレーションモデル

一概にバスレーンの効果といっても目的・立場・効果の及ぶ範囲などにより種々の相違がある。これらの相違に応じてバスレーンの効果を測定するため、本論文ではのちに第4、5、6章にそれぞれ①都市規模モデル、②バス運行モデル、③街路区間モデルの3つのシミュレーションモデルを提案する。本章ではまず総論としてその3つのモデルの性格の概要を説明し、その比較と相互関係について考察した。

①は都市街路網、バス路線網、バスレーン網、ODトリップ数を与件とし、バスレーン網設置による道路交通量、総所要時間、総走行距離、バス乗客数、バス台数などへの影響を都市規模で巨視的に解析する決定論的シミュレーションモデルである。モデルの主要部分は、等時間原則にもとづく一般車の経路配分と一般車からバスへの利用転換モデルから成る。そしてバスならびに一般車を利用する場合、それぞれの経路と街路網の道路区間との対応関係をバスマトリックスで表現する。モデルはコンピュータでイベントシーケンスに実行されるが、バスマトリックスの記憶には多量の記憶領域が必要であるので、街路網が大きくなるとコンピュータの記憶容量を越える可能性がある。しかし街路網を分割するかあるいは簡略化すれば、バスレーン設置効果を都市規模で巨視的に解析できる。従来にはバスレーンの効果を巨視的に把握するモデルはなく、この点でも本モデルは独創的であると考える。

②は、1つのバス系統のバス停留所ごとの乗降人数と街路区間の自動車交通量を与件とし、各バス停ごとの乗客の待ち時間や積み残し人数などのバスのサービス指標や、運行所要時間、バス停到着時間間隔などのバス1台ごとの運行挙動を確率モデルを用いて準決定論的に解析するシミュレーションモデルである。

モデルでは、バス停の単位時間当たり到着人数はポアソン分布、降車人数は正規分布であると仮定し、モンテ・カルロ法による擬似乱数を発生させて到着人数、降車人数を求める。このように一部分は確率事象を用いた確率モデルであるが、バス停間のバスの平均走行速度と一般車の1時間交通量の関係を $Q-V$ 式で表わすなど数式モデルも用いられている。

従来から、バスの運行挙動を解析するモデルは種々あるが^{17) 21)} 本モデルがこれらの従来のモデルに比して優れているのは次に述べる3つの点である。

(i) バス停間の走行速度を $Q-V$ 式で表現するため、バスレーンが設置された時の一般車交通量の変化の影響、バスの表定速度・バス停間走行時間の変化を表現できる。

(ii) バスレーンが設置されて運行時間が正確になるときの乗客の待ち時間の変化を数式モデルで予測できる。

(iii) バスレーン設置に加えて乗降ドア幅の拡大、だんご運転時にバス同士の追越を認めるなどの運行改善策がバスの運行時間、乗客の待ち時間、積み残し数などに与える影響を解析できる。

③は、一定の街路区間で実際の車の流れと加速・減速・進路変更などの行動を再現する交通流擬似モデルであり、コンピュータでタイムシーケンスに実行される。モデルの主要部分は数式モデルとモンテ・カルロ法による確率モデルからなり、バスの運行挙動、バス以外の一般車の表定速度などに与える影響を微視的に解析する準決定論的シミュレーションモデルである。

従来、車の行動を微視的に解析するモデルには池之上氏並びに片倉氏のモデルがある。^{22) 23)} 前者のモデルでは、車の進行する距離を1つのエレメントとして分割し1スキャン内に車は1エレメント移動する。後者のモデルでは、バスは1台ごと、一般車は前者同様道路をブロックに分割し、1スキャン内にブロックごとの出入台数を車の平均走行距離から計算する。

ところが本モデルでは、速度、加・減速、走行距離などを物理式で表わし、車の相互の位置・車種、信号の状態に応じて、1スキャン内のバス・一般車の1台ごとの加・減速、進路変更、道路区間内の物理的位置を決定する点が従来のモデルにない特徴である。しかも従来のモデルでは解析していない、バスレーンを道路の歩道寄、中央線寄にそれぞれ設ける場合、それぞれのバスレーン設置位置の違いが車の表定速度、バスの乗客の待ち時間、一般車の信号待ち停滞長などに与える影響を解析できる特徴を持つ。

以上に述べた3つのモデルの相互関係は次のようである。

①都市規模モデルと②バス運行モデルは、解析内容の点で相互に補完的な関係にある。③街路区間モデルは上記の2つのモデルよりも対象区間が小規模であるが、上記の2つのモデルでは解析できない駐停車している車の影響、バスレーンを歩道寄か中央線側のどちらに設けるかという設置位置の違い、信号の影響などを解析する特徴をもつ。

従って、これら3つのモデルを用いてバスレーンの効果を総合的に考察すれば、能率的・効果的にバスレーンを設置することができると考える。

これらのモデルを以後第4章、第5章、第6章でそれぞれ定式化し、仮想データによる試算を行ないバスレーン設置効果について比較考察する。

(6) バスレーン網設置案の総合評価の方法

最後に2.3の多評価基準による評価の方法を応用して、バスレーン網の設置代替案が複数個ある場合にバスレーン網設置案を総合評価する方法を提案した。この方法では、バスレーンのプラス効果に対して便益度、バスレーンのマイナス効果に対して損失度をそれぞれ定義し、便益度に対する損失度の代替率を用いて一つの評価指数を定めた。この評価指数を用いて、バスレーン網設置案を評価する方法を示した。つぎに評価項目が複数個ある場合に、それぞれの評価指数間の比重を定めることにより総合評価指数を定義し、これが最小になるバスレーン網設置案を最適代替案として評価する方法を提案した。

最適代替案は代替率ならびに比重が変化すると当然変化するので、この最適代替案の変化を次の様に表わした。

まず複数の代替率と比重のうちそれぞれ任意に1つずつを固定する。残りの代替率の和を限界値 l と定義する。このときどの案の総合評価指数が最小になるかは限界値 l の大小により決定されること、そしてこの限界値 l は超平面で表わされることが指摘された。

次に代替率ならびに比重を変化させて、最適代替案が不連続に変化する時の超平面を最適代替案が選ばれる限界面と定義した。任意の代替率ならびに比重の値が定められれば、この限界面の変化の様子から最適代替案を選出できると考える。

この評価方法により、バス経営体、バス利用者、一般車利用者、社会・環境などの異なる主体それぞれの目的間のトレードオフを考慮して、バスレーン網設置案を総合評価できると考える。

なおこの評価方法を第4章、第5章のバスレーンの設置効果の試算値に適用してバスレーンの設置代替案の総合評価を行なう。また4.5、5.5では便益度に対する損失度の代替率及び評価指数間の比重がそれぞれ変化したときの最適代替案の変動について考察する。

第 3 章 参 考 文 献

- 1) 昭和51年版 交通年鑑, (財)交通協力会 p 252, 昭和51年3月
- 2) { 高岸・戸松; バス運行挙動に関する2〜3の考察, 土木学会論文報告集, 第199号, 1972年3月
天野・柏谷・古川; 通勤交通機関の時間確実性の指標に関する研究, 昭和46年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要, 昭和46年5月
- 3) 月刊交通, 第5巻, 第6号, 法制出版, p 50, p 60, 昭和49年6月
- 4) 運輸省; 陸運統計要覧(昭和49年版), pp 57〜58
- 5) 関西情報センター, システム科学研究所; コンピュータによるバス運行管理システムの研究, 研究報告書, pp 3〜4, 昭和51年3月
- 6) 大阪市総合計画局; 大阪における中量輸送機関のあり方に関する調査, 昭和50年3月
- 7) (財)日本自動車輸送技術協会ほか; バスロケーション実験報告書, 昭和49年5月
- 8) 青木和善; デマンドバスシステムに関する研究, 京都大学修士論文, 昭和48年3月
; デマンドバスのルート探索について, 昭和48年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要 昭和48年6月
- 9) 国司, 鈴木, 玉城; デマンドバスの現状と将来, オペレーションズリサーチ, Vol. 21, No. 12, pp 694〜697, オペレーションズリサーチ学会, 昭和51年12月
- 10) たとえば警察庁; 路線バス等の優先通行帯及び専用通行帯の設置とその効果の調査研究報告書, pp 29〜30, 昭和48年3月
- 11) { i) 警視庁交通部; バス優先対策実施道路の車両走行状況調査結果, 昭和47年10月
ii) 上掲3) pp 90〜105
iii) 京都府警察本部交通管制センター; 市電廃止前後の交通量調査資料, 昭和47年2月
- 12) { i) 大気汚染と自動車交通規制に関する住民意識調査, 日本交通政策研究会, pp 42〜54, 1973年4月
ii) 大気汚染と自動車交通規制に関する住民意識調査(その2), 日本交通政策研究会, pp 28〜36 1974年3月
- 13) たとえば, 自家用自動車使用実態調査報告書, 日本交通政策研究会, p 27, 1975年4月
- 14) 京都府警察本部交通部; バス優先対策のための調査分析, pp 48〜53, p 61, p 62, 昭和50年3月
- 15) i) 銭谷善信; シミュレーションによる交通規制の効果に関する考察, 京都大学修士論文, 昭和48年3月
ii) 三星・毛利; 地区内街路の交通規制について, 土木学会第28回年次学術講演会講演概要集第4部, 昭和48年10月
iii) 河上・青島・片平; 環境要因を考慮した地区内交通規制の評価に関する研究, 土木学会第30回年次学術講演会講演概要集第4部, pp 288〜289, 昭和50年10月
- 16) たとえば i) 天野・銭谷; バス優先レーンのシミュレーションモデルについて, 昭和48年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要, 昭和48年6月
ii) 天野・銭谷; バスレーンの設置効果に関する研究, 土木学会第28回年次学術講演会講演概要集第4部, 昭和48年10月
iii) 今田・吉田・門田; バスの優先通行に関する研究, 土木学会第28回年次学術講演会講演概要集第4部, p 211, 昭和48年10月
iv) 西野泰生; バス1系統に着目したバスレーン設置の影響に関する考察, 京都大学卒業論文, 昭和50年2月
v) 天野・銭谷・西野; バス系統1路線のバスレーン設置シミュレーションモデル, 昭和50年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要, 昭和50年4月
vi) 柏谷・銭谷・西野・近東; 1路線のバス運行に関するシミュレーションモデル, 昭和51年度土木学会関西支部年次学術講演概要, 昭和51年5月
vii) 近東信明; バス運行における諸方策の効果に関する研究, 京都大学卒業論文, 昭和51年2月

- viii) 古川健；都市郊外におけるバス運行形態に関する一考察，京都大学卒業論文，昭和46年2月
- ix) 天野・柏谷・古川；通勤交通機関における時間確実性の指標に関する研究，昭和46年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要，昭和46年5月
- x) 高岸・戸松；バスの運行挙動に関する2～3の考察，土木学会論文報告集，第199号，1972年3月
- 17) 安東久雄；シミュレーションによる運行形態に関する一考察，京都大学卒業論文，昭和47年3月
- 18) 天野・銭谷・高野；バスレーン網の設置効果と総合評価に関する一考察，土木学会論文報告集，第240号，1975年8月
- 19) 清水幾太郎編訳；社会科学におけるシミュレーション，日本評論社，昭和47年10月
- 20) 津田孝夫；モンテ・カルロ法とシミュレーション，培風館，p131，昭和44年6月
- 21) i) Oliver, A.M. & M.B. Uren ; A computer simulation model of the E3 bus route, Operational Research Report p182, Dept. of Operational Research, London Transport Executive, 1972
- ii) Jenkins, I. A. ; A comparison of several techniques for simulating bus route, Transport Operations Research Group. Working paper No. 14, Univ. of New Castle, Jun. 1976
- iii) 上掲2)
- 22) シミュレーション技術研究会編；シミュレーション技術(1)，pp87～108，コロナ社、昭和50年11月
- 23) 同上22) pp109～120
- 24) i) Wagner, et all ; "Urban Arterial and Network Simulation " Planning Research Corporation, 1966
- ii) Wagner, et all ; "Refinement and Testing Urban Arterial and Network Simulation " Planning Research Corporation, 1967
- 25) たとえば上掲20) pp136～143
- 26) 上掲6) pp175～186

第 4 章 バスレーン網の都市規模でみた効果とその評価に関する研究

4・1 概 説

第 3 章では大都市の交通問題の対応策の中でバスレーン設置を取りあげてことを述べ、その効果測定、評価方法の提案を行なった。

バスレーンを効果的に指定配置するためには、まずバスレーンの設置による道路区間交通量、区間速度、所要時間などへの影響を把握する必要がある。このためには第 3 章で述べたように、都市規模モデル、バス運行モデル、街路区間モデルなどが利用できる。

本章では、交通に関する各種の要素、たとえば道路交通量、総走行所要人時間、総走行距離、バス乗客数、バス必要台数などに対するバスレーンの影響を巨視的に把握する都市規模モデルを定式化する。

まず 4・2 では簡単な街路網を対象とし、次に述べる前提条件のもとにモデルの定式化を行なう。

- ① 街路網は格子状である。
- ② 都市内の旅客交通はバスと乗用車を利用できる。
- ③ トリップの発生・吸収はノードのみで行なわれる。
- ④ 乗用車利用者は O D を結ぶ経路のうち最短時間かつ最短距離の経路を選択する。
- ⑤ 出発地で任意のバス系統を利用する割合はバス系統の運行本数に比例する。

モデルの主要部分は等時間原則配分、乗用車からバスへの利用転換モデルからなり、所要時間、道路区間の通過人数、通過乗用車台数、バス台数などの計算には、経路と道路区間の対応を示すバスマトリックスを用いる。

つぎにこのモデルを用いて、複数個のバスレーン設置案がそれぞれ前述した交通に関する諸要因に与える影響を試算し、バスレーンの効果について比較考察する。

なお 4・2 のモデルは経路と道路区間の対応を示すバスマトリックスを用いている。電子計算機の記憶容量に制約があるため、大規模な街路を対象とする場合、バスマトリックスでは記憶容量をこえることがある。そこでバスマトリックスのかわりに、経路が通過する道路区間をつらねたアーク列を用いるなどの改良が必要である。またバス利用経路は乗用車利用経路を用いて表現できるので、バスー自家用車経路対応ベクトルを用いて、電子計算機に必要な記憶量を削減することが考えられる。

4・3 では前節のモデルを発展させ、大規模な街路網を対象とし、バスレーンの効果を解析できるようにモデルを改良する。このモデルの主な前提条件はつぎのとおりである。

- 1) 都市内で利用可能な交通機関は鉄道・バス・タクシー・自家用車である。
- 2) 道路網は中心部で格子状、周辺部で放射状である。
- 3) 交通の発生・吸収はゾーン単位である。

主な修正、追加点はつぎの 5 点である。

- ① ゾーン単位の O D を処理できるようにし、ゾーン間 O D をノード間 O D に変換する過程を追加する。
- ② 出発地で複数の系統が利用可能な場合、任意の系統を利用する割合は、4・2 ではバス系統の運行本数に比例したが、4・3 ではつぎのように変更する。

- (i) 乗りかえも含めた平均待ち時間の逆数に比例する。
- (ii) 平均待ち時間は運行本数に反比例する。

③ 4・2 ではバス利用への転換は、すべての一般車の利用者が対象である。ところが 4・3 では、バス並びに一般車を必ず利用する人を除いた残りの利用者をバスへ利用転換する対象者とする。

- ④ 計算機に必要な記憶量を削減し、より大きな街路網に適用できるように、バスマトリックスをつぎ

のように変更する。

(i) まず経路が通過する道路区間を1、通過しない道路区間を0で表現していたのをつぎのようにする。経路が通過する道路区間を順に記録し、アーク列として表現する。

(ii) バス利用経路は乗用者利用経路を用いて表現できるので、バス利用と自家用車利用の経路対応ベクトルを用いる。

(iii) 大街路網でもれなく正確にバスマトリックスを表現するため、系統的に経路のアーク列を作成する過程を追加する。

⑤転換率は、4・2ではバスと一般車の相対的な時間短縮に比例したが、4・3では時間比の減少度に比例するものとする。

つぎに4・4では、ある街路網にバス路線網と複数のバスレーン設置代替案を想定し、それぞれの代替案の影響を4・3の改良されたモデルを用いて試算する。そして総輸送人時間、総走行距離、全トリップの平均速度、バス必要台数、バス輸送効率、バス分担率などについて、それぞれバスレーン設置効果の比較考察を行なう。

またバスレーンの設置代替案としてつぎの2つの場合を設ける。

1) 自動車交通量、バス通過台数、通過バス乗客数に制限を設けて、ある一定の基準を超過する街路区間にバスレーンを設置する。この場合、つぎに述べる2つの方法を考える。

①自動車交通量に上限、バス通過台数に下限を設ける方法。

②自動車交通量に上限、バス通過乗客数に下限を設ける方法。

2) ある区域内のすべての街路にバスレーンを設ける方法。

これらの2つの方法のうち、特に1)の①と②についてそれぞれの設置方法及びその効果の違いを考察する。

最後に、4・5では3・4で提案したバスレーン網設置案の総合評価の方法を、4・2、4・4におけるシミュレーションモデルを用いて得られるそれぞれのバスレーン効果の試算値に適用する。

まず、バス乗客数、総走行距離、バス必要台数、総所要人時間などの評価項目について、個々に評価を行なう。ここでそれぞれの評価項目における便益度に対する損失度の代替率が変化したときに、評価指数の最小になるバスレーン網設置案を選びだす。ここで選出されるバスレーン網設置案は最適代替案の候補となる。

つぎに各評価項目の評価指数にそれぞれの比重を定め、一つの総合評価指数をつくる。便益度に対する損失度の代替率、評価項目の比重がそれぞれ変化したときの、総合評価指数を最小にする最適代替案の変動を明らかにする。そして、代替率あるいは比重と最適代替案が選ばれる限界面との関係を明らかにする。

4・2 簡単な街路網を対象としたモデルの定式化と試算例^{1),2)}

本節では簡単な街路網をもつ架空の都市にバスレーン網を設置した場合、交通に関する各種の要因、たとえば道路交通量・総所要人時間・総走行距離・バス乗客数・バス必要台数などにどのような影響があるかを巨視的に測定するシミュレーションモデルの定式化を行なう。またこのモデルを用いて試算を行ない、バスレーン網設置の効果について考察する。

4・2・1 モデルの前提条件

(1) 語句の定義

モデルの前提条件を述べるまえに、本節において用いる主な語句を表4・2・1に示すように定義する。

(2) モデルの前提条件

本モデルではバス路線、乗客OD表、バスレーン網を与件とし、以下に述べる前提条件を設ける。

(a) 道路網形状

対象とする都市は簡単な格子状道路網を持つ。

(b) トリップの交通手段

①都市内相互間の旅客交通は路線バスおよび乗用車に依存する。

②ODトリップ数のうち、バスを利用する割合、すなわちバス利用率はバスレーンを設置しない場合について外生的に与える。

(c) 交通の発生・吸収点

都市内部のトリップの発生・吸収はノードのみで行なわれる。

(d) 路線バス利用者の行動

①任意のODを結ぶ最短距離のバス系統が複数個ある場合、利用者が出発地の停留所で任意のバス系統を選択する割合、すなわちバス系統利用率は、バスの系統別運行本数に比例する。

②バスの系統別運行本数は、バス系統の道路区間の最大利用者数とバスの定員から定められる。なお最初に系統別運行本数の初期値は外生的に与えられる。

③異系統間の乗りかえ回数は1回以内に限り、図4・2・1に示すように2つのバス系統が同一区間で重複する場合、目的地に近いBのノードで乗りかえる。

(e) 乗用車利用者の行動

①乗用車利用者はODを結ぶ経路のうち最短距離、かつ最短時間の経路を選択する。

②乗用車利用者は自分の利用する時間帯で各経路の定常的な交通量を知っている。この仮定のもとで経路選択の結果は等時間原則による配分結果に一致する。³⁾

表 4・2・1 語句の定義

用 語	内 容
道路区間	隣接する2つのノード間を結ぶ、方向性を考慮したリンク
経 路	ある任意のODを結ぶ連続した道路区間の集合
道路網	全ての道路区間の集合であり、連続して一体となった網の目を構成する
バスレーン網	道路網の任意の道路区間にバスレーンが設置された状態
バス路線	バスが走行する道路区間の集合
路線バス	ある一定の連続した道路区間を走行し、乗客の乗降サービスを行なうバス
バス系統	同じ運行順路を持つ路線バスの集合
バス系統別運行本数	任意のバス系統の1時間あたりの運行本数
バス必要台数	系統別運行本数を運行するのに必要なバスの台数
乗 用 車	自家用車、タクシー、ハイヤーなどの総称
自 動 車	バスと乗用車を含めた呼び方
道路交通量	道路区間の自動車通過台数であり、単に交通量とも呼ぶ

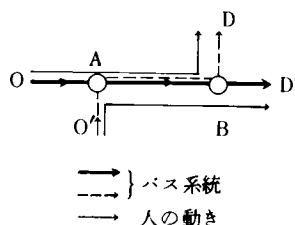


図 4・2・1 乗り換えにおけるバス系統の選択

4・2・2 モデルの概要とバスマトリックス

ここではモデルを構成する5つの過程などについて概略を述べる。また経路と道路区間の対応を示すバスマトリックスについて説明する。

(1) モデルの概要

前項で述べた前提条件のもとで、ここではモデルの概要を示す。まずモデルのフローチャートを図4・2・2に示す。

本モデルは基本トリップOD表、道路網、バス路線、バスレーン網を与件とし、モデルの構成は以下に述べる5つの過程からなる。

(i) 図4・2・2の右上半部に示されるように、乗用車利用者OD表と1台あたり平均乗車人員を用いて乗用者台数OD表を作成する。

乗用車ODのうち、まず経路数がただ1つだけのものは、バス道路区間通過台数にこの乗用車の道路区間通過台数を加えて、各道路区間自動車通過台数の初期値とする。

(ii) 経路数が2以上のものは、OD表を n 等分して n 分割乗用車台数OD表を作り、図4・2・2の右下半部に示されるように、 $Q-P$ 式を適用して乗用車の道路区間所要時間および経路所要時間を求め、最短時間経路に配分する。

(iii) 最短時間経路配分によって求められる各経路別乗用車台数、乗用車の経路と道路区間の対応を示すバスマトリックスを用いて、道路区間自動車通過台数を求める。

④ 乗りかえ率を求める過程

乗用車の経路配分が終了すると、道路区間自動車交通量が確定する。図4・2・2の左下半部に示されるように、バスおよび乗用車それぞれの経路所要時間を計算し、乗用車からバスへの乗りかえ率を求める。乗りかえ率が収束すれば計算は終了する。

⑤ バス利用者OD表、乗用車利用者OD表を修正する過程

乗りかえ率が収束しなければ、図4・2・2の右上半部に示されるように、乗りかえ率と乗用車利用者仮OD表を用いて、乗用車利用からバス利用へ転換する人数を計算し、バス利用者OD表、乗用車利用者OD表をそれぞれ修正する。

以下乗りかえ率が収束するまで、⑤、②、③、④の順に各過程を実行する。

つきに上記②、③、④それぞれの過程に用いるバスマトリックスについて述べる。

(2) バスマトリックス

バスマトリックスとは、ある経路を利用するODトリップおよびバス系統がそれぞれどの道路区間を通過するかを示す行列と定義する。

まず図4・2・3に示す道路網を用いて、バスマトリックスを例示し、説明する。

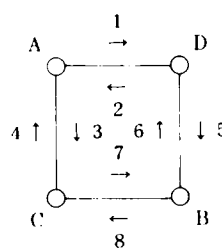
図4・2・3においてA、B、C、Dはそれぞれトリップの発生・吸収点である。数字の1から8は各道路区間に添付された道路区間の番号である。AからBへ向かうODトリップは、道路区間の1と5を経由する経路と、3と7を経由する経路がある。同様にBからAへ向かうトリップは、道路区間の6と2経由、8と4経由の2つの経路がある。従って図4・2・3の場合、AとBを相互に結ぶ経路数は4つ

である。同様に、AとD、AとC、BとD、BとCを結ぶ経路数はいずれも2つであり、CとDを結ぶ経路数は4つである。

以上の経路数を合計してODを結ぶ16個の経路の通過道路区間を表4・2・2に示す。表4・2・2の右の欄に上から順につけた数字の番号を経路番号と呼ぶ。

行列の行に経路を、列に道路区間を定めると、表4・2・2の場合、バスマトリックスは図4・2・4のようになる。この図で、たとえば表4・2・2の経路番号1の経路は道路区間の1と5を経由するので、第1行の第1、第5の列がそれぞれ1となり、それ以外の列は0となる。

(a) 道路区間番号



(b) バス系統とバス利用者の道路区間番号

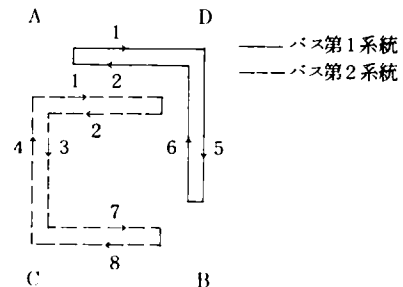


図4・2・3 ODと道路区間番号、バス系統

表 4・2・2 O D と 経 路

O D	O D 番号	経路の経由道路区間番号	経路番号
AB_1	1	1, 5	1
AB_2	1	3, 7	2
BA_1	2	2, 6	3
BA_2	2	4, 8	4
AD	3	1	5
DA	4	2	6
AC	5	3	7
CA	6	4	8
BD	7	5	9
DB	8	6	10
CB	9	7	11
BC	10	8	12
CD_1	11	6, 7	13
CD_2	11	1, 4	14
DC_1	12	5, 8	15
DC_2	12	2, 3	16

O D 経路名	区間番号 経路番号 r								
		1	2	3	4	5	6	7	8
AB_1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
AB_2	2	0	0	1	0	0	0	1	0
BA_1	3	0	1	0	0	0	1	0	0
BA_2	4	0	0	0	1	0	0	0	1
AD	5	1	0	0	0	0	0	0	0
DA	6	0	1	0	0	0	0	0	0
AC	7	0	0	1	0	0	0	0	0
CA	8	0	0	0	1	0	0	0	0
BD	9	0	0	0	0	1	0	0	0
DB	10	0	0	0	0	0	1	0	0
CB	11	0	0	0	0	0	0	1	0
BC	12	0	0	0	0	0	0	0	1
CD_1	13	0	0	0	0	0	1	1	0
CD_2	14	1	0	0	1	0	0	0	0
DC_1	15	0	0	0	0	1	0	0	1
DC_2	16	0	1	1	0	0	0	0	0

図 4・2・4 乗用車の経路のバスマトリックス

② バス利用者の経路を示すバスマトリックス; M_{rj}^{bp}

バス利用経路 r と、その通過する道路区間 j との関係を示す行列である。 M_{rj}^{bp} の第 r 行第 j 列の成分は、経路 r が道路区間 j を通過すれば 1、通過しなければ 0 となる。すなわち次式で示される。

$$M_{rj}^{bp} = \begin{cases} 0 & ; j \notin \pi_r^{bp} \\ 1 & ; j \in \pi_r^{bp} \end{cases} \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 2 \cdot 2)$$

ここに、 π_r^{bp} ; バス利用経路 r の通過する道路区間番号の集合

③ バス系統を示すバスマトリックス; M_{lj}^{bb}

バス系統 l が通過する道路区間をあらわす行列であり、第 l 行第 j 列の成分は、第 l 系統のバスが道路区間 j を通過すれば 1、通過しなければ 0 となる。すなわち次式で示される。

このようにバスマトリックスでは経路が通過する道路区間を 1、通過しない道路区間を 0 でそれぞれ表現する。

本モデルでは、モデルの概要で述べたように、乗用車利用者の経路を示す行列、バス利用者の経路を示す行列、バス系統を示す行列の 3 つのバスマトリックスを用いる。

この 3 つのバスマトリックスのほか、バス利用者経路と利用バス系統の対応を示す行列がある。これは同じ道路区間を通過する経路でも、利用するバス系統が異なるとき、その利用バス系統の番号を明らかにするために用いる。

以下に、これら 3 つのバスマトリックス並びにバス利用経路とバス系統の対応を示す行列の定式化を行なう。

なお乗用車利用者の経路番号、バス利用者の経路番号、バス系統番号、道路網の道路区間番号に、それぞれ i 、 r 、 l 、 j を添字として用いる。

① 乗用車利用者の経路を示すバスマトリックス; M_{ij}^c

これは乗用車利用経路 i と、その通過する道路区間 j との関係を示す行列である。

M_{ij}^c において、第 i 行第 j 列の成分は乗用車利用経路 i が道路区間 j を通過すれば 1、通過しなければ 0 となる。すなわち次式で示される。

$$M_{ij}^c = \begin{cases} 0 & ; j \notin \pi_i^c \\ 1 & ; j \in \pi_i^c \end{cases} \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 2 \cdot 1)$$

ここに j ; 道路区間番号

π_i^c ; 乗用車利用経路 i の通過する道路区間番号の集合

$$M_{lj}^{bb} = \begin{cases} 0 & ; j \notin \pi_l^{bb} \\ 1 & ; j \in \pi_l^{bb} \end{cases} \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 2 \cdot 3)$$

ここに、 π_l^{bb} ; 第 l 系統のバス路線が通過する道路区間の集合

④ バス利用者経路—系統対応行列 ; M_{rk}^l

バス利用者の経路 r で、利用するバスの系統 l を示す行列である。

この行列の第 (r, k) 要素は、バス利用経路 r で第 k 番目に利用するバス系統の番号 l を示す。

経路 r で乗りかえを含めて利用するバス系統の本数 \bar{k} とする。乗りかえを 1 回まで許すとすれば、 \bar{k} は 2 となり、この行列は次式で定義される。

(i) 直線のバス系統を利用する場合

$$\begin{aligned} M_{r1}^l &= l \\ M_{r2}^l &= 0 \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 2 \cdot 4)$$

ここに、 l ; 経路 r で利用するバスの系統番号

(ii) 乗りかえのある場合

$$\begin{aligned} M_{r1}^l &= l_1 \\ M_{r2}^l &= l_2 \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 2 \cdot 5)$$

ここに、 l_1 ; 経路 r で最初に利用するバス系統の番号

l_2 ; 経路 r で乗りかえ後に利用するバス系統の番号

なお図 4・2・3 のバス系統の場合のバス系統を示すバスマトリックス、バス利用者の経路を示すバスマトリックスはそれぞれ図 4・2・5(a)、(b) のようである。

またバス利用経路とバス系統の対応を示す行列は図 4・2・5(c) のようである。図 4・2・5(b) に示されるように、バス利用の経路 1 と 2 は同じ道路区間を通る。しかし図 4・2・5(c) から、バス利用経路 1 はバス系統 1 のみ利用し、経路 2 は系統 2、系統 1 と乗りついでいることがわかる。

本モデルに用いる 3 つのバスマトリックスの種類と記号の一覧をまとめて表 4・2・3 に示す。

4・2・3 モデルの定式化

表 4・2・3 バスマトリックスの種類

ここでは本モデルの定式化について述べる。なお前節の概要で述べた計算過程を、本節で定式化する記号を用いてフローチャートをつくり、これを図 4・2・6 に示す。

種 類	記号	行	列
バス利用者の経路を示す行列	M_{rj}^{bp}	r : バス利用者 経路番号	j : 道路区間番号
バス系統を示す行列	M_{lj}^{bb}	l : バス系統番号	j : 道路区間番号
乗用車利用者の経路を示す行列	M_{ij}^c	i : 乗用車利用の 経路番号	j : 道路区間番号

(1) バス利用者数と乗用車台数
道路網のノード総数を N とする。

発ノード番号 I 、着ノード番号 J の

OD 対について、まず次式に示す OD 番号 h を定義する。 h は図 4・2・7(a) の場合、図 4・2・7(b) のようである。

$$h = \begin{cases} (N-1)I + N - I(I+1)/2 + J, & I < J \\ (N-1)J + N - J(J+1)/2 + I + N(N-1)/2, & I > J \end{cases} \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 2 \cdot 6)$$

この OD 番号 h を OD 対の添字とし、以下の定式化では OD 番号 h についての説明をすべて省略することと

(a) M_{lj}^{bb}

道路 系統 l \ 区間 j	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	0	0	1	1	0	0
2	1	1	1	1	0	0	1	1

(b) M_{rj}^{bp}

(c) M_{rk}^l

O D 経路名	道路 区間 j	1	2	3	4	5	6	7	8
AB_1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
AB_2	2	1	0	0	0	1	0	0	0
AB_3	3	0	0	1	0	0	0	1	0
BA_1	4	0	1	0	0	0	1	0	0
BA_2	5	0	1	0	0	0	1	0	0
BA_3	6	0	0	0	1	0	0	0	1
AD_1	7	1	0	0	0	0	0	0	0
AD_2	8	1	0	0	0	0	0	0	0
DA_1	9	0	1	0	0	0	0	0	0
DA_2	10	0	1	0	0	0	0	0	0
AC	11	0	0	1	0	0	0	0	0
CA	12	0	0	0	1	0	0	0	0
BD	13	0	0	0	0	0	1	0	0
DB	14	0	0	0	0	1	0	0	0
CB	15	0	0	0	0	0	0	1	0
BC	16	0	0	0	0	0	0	0	1
DC_1	17	0	1	1	0	0	0	0	0
DC_2	18	0	0	0	0	1	0	0	1
DC_3	19	0	1	1	0	0	0	0	0

経路番号 r	$k=1$	$k=2$
1	1	0
2	2	1
3	2	0
4	1	0
5	1	2
6	2	0
7	1	0
8	2	0
9	1	0
10	2	0
11	2	0
12	2	0
13	1	0
14	1	0
15	2	0
16	2	0
17	2	0
18	1	2
19	1	2

図4・2・5 バス系統のバスマトリックス; M_{lj}^{bb} 、バス利用経路のバスマトリックス; M_{rj}^{bp} と M_{rk}^l

する。

1) バスレーンが設置されない場合

この場合の1時間あたりバス利用者数 B_h^0 は、外生的に与えられるバス利用率 B_h^b を用いて、次式で示される。

$$B_h^0 = R_h^b \cdot OD_h \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 2 \cdot 7)$$

ここに、 OD_h ; 1時間あたり基本トリップ数

添字0; バスレーンがない状態

R_h^b ; 外生的に与えられるバス利用率

バスレーンが設置されない場合の1時間あたり乗用車台数 C_h^0 は、乗用車1台平均の乗車人数 n_c を用いて次式で示される。

$$OD_h^{c0} = OD_h - B_h^0$$

$$C_h^0 = OD_h^{c0} / n_c \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 2 \cdot 8)$$

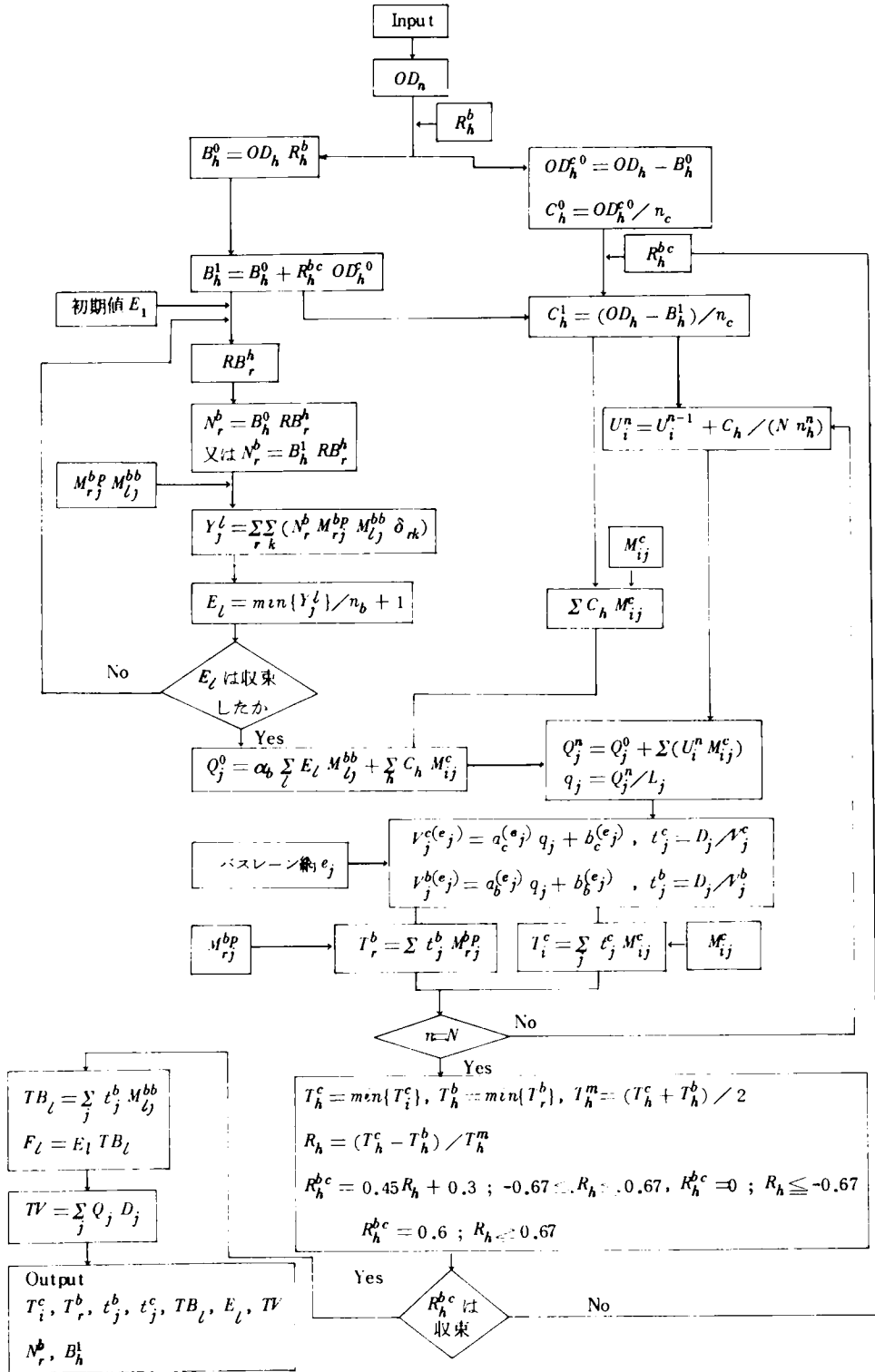
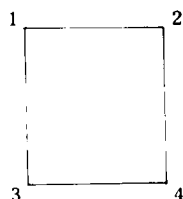


図4・2・6 定式化の記号を用いたモデルのフローチャート

(a) ODノード番号



(b) ODとOD番号

	D	1	2	3	4
O					
1			1	2	3
2		7		4	5
3		8	9		6
4		10	11	12	

図4・2・7 道路網のODノードとOD番号

ここに、 OD_h ；バスレーンがない場合の乗
用車利用者数

2) バスレーンが設置される場合

バスレーンが設置され、バスを利用する場合の
経路所要時間が乗用車利用に比較して相対的に短
くなると、乗用車利用者 OD_h^{c0} の一部がバス利
用に転換する。この転換率を R_h^{bc} とすれば、バス
レーンが設置された時のバス利用者数 B_h^1 は次式で
示される。

$$B_h^1 = B_h^0 + R_h^{bc} \cdot OD_h^{c0} \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 2 \cdot 9)$$

なお R_h^{bc} は後述するように乗用車およびバスの経路所要時間の関数である。

同様に1時間あたり乗用車台数 C_h^1 は次式で示される。

$$C_h^1 = (OD_h - B_h^1) / n_c \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 2 \cdot 10)$$

(2) バス利用者の経路配分とバスの運行本数

1) バス利用者の経路配分

OD番号 h のバス利用者が経路 r を選択する割合 RB_r^h は、その経路の出発地におけるバス系統運行本数 E_l
に比例するので、次式で示される。

$$RB_r^h = \frac{\sum_k \sum_l (E_l \cdot \delta_{rk})}{\sum_k \sum_{r \in \pi_h} \left(\sum_{l \in Q_r} E_l \cdot \delta_{rk} \right)} \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 2 \cdot 11)$$

ここに、 π_h ； OD_h のバス利用経路の集合

Q_r ；バス利用経路 r で利用するバス系統の集合

$$\delta_{rk} = \begin{cases} 1; & l = M_{r1}^l \text{ 又は } l = M_{r2}^l \\ 0; & l \neq M_{r1}^l \text{ かつ } l \neq M_{r2}^l \end{cases} \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 2 \cdot 12)$$

経路 r のバス利用者数 N_r^b は、バスレーンが設置されるか設置されないかで、次の2つの場合がある。

① バスレーンが設置されない場合

$$N_r^b = B_h^0 \cdot RB_r^h \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 2 \cdot 13)$$

② バスレーンが設置される場合

$$N_r^b = B_h^1 \cdot RB_r^h \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 2 \cdot 14)$$

2) バスの系統別運行本数

バスの系統別運行本数は、任意の系統の最多乗車区間の乗客数を輸送できるように定められる。

まずバス系統 l で道路区間 j の利用者数 Y_j^l は、バスマトリックス M_{rj}^{bp} 、 M_{lj}^{bb} とバス利用経路—系統対応ベ
クトル M_{rk}^l を用いて、次式で示される。

$$Y_j^l = \sum_r \sum_k (N_r^b M_{rj}^{bp} \cdot M_{lj}^{bb} \cdot \delta_{rk}) \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 2 \cdot 15)$$

ここに、

$$\delta_{rk} = \begin{cases} 1 & ; l = M_{r1}^l \text{ または } l = M_{r2}^l \\ 0 & ; l \neq M_{r1}^l \text{ かつ } l \neq M_{r2}^l \end{cases} \dots\dots\dots (4 \cdot 2 \cdot 12')$$

バス系統 l の 1 時間あたり運行本数 E_l は、バスの乗車定員 n_b を用いて次式で示される。

$$E_l = \max_j \{ Y_j^l \} / n_b + 1 \dots\dots\dots (4 \cdot 2 \cdot 16)$$

ここに、 n_b ; バスの乗車定員

式 (4・2・16) で求めるバスの運行本数 E_l が式 (4・2・11) の E_l と異なれば、再び式 (4・2・11) から式 (4・2・16) まで計算を行なう。両者が一致すればバスの運行本数並びに経路別バス利用者が決定される。

(3) 乗用車の経路配分と経路所要時間

一般に乗用車利用者が経路を選択する時、所要時間の短い経路を選択すると考えられる。しかし所要時間は交通の状態により異なるし、運転者がすべての利用可能な経路の所要時間を知っているわけではないであろう。そこで運転者の最短時間経路を選択する傾向と、情報の不完全さを配分モデルでどのように表現するかが問題となる。

いますべての運転者が最短時間の経路を選択すると仮定する。運転者が自分の利用しない経路に関する情報を全く持たない場合、各 O D の利用される経路は一つだけであり、この状態は flow-independent な最短時間配分で表現される。⁴⁾これとは反対に、運転者があらゆる経路に関する情報をもっている場合、どの運転者にとっても新しい経路を選択することによる走行時間の短縮ができない交通状態になると考えられ、この状態は等時間原則配分で表現することが可能となる。⁵⁾

現実の状態は両者の中間と考えられるが、本モデルではこれを分割配分法を用いて、等時間原則にもとづく配分を行なう。

つきに分割配分法について述べる。

(a) 分割配分法

格子状道路網を対象とする本モデルでは、一度も右左折することなく到達できる O D については、直線経路を選択すると考えて妥当であろう。またバス系統は定められた経路を走行するので、経路選択の余地はない。従って、直線経路をとれる O D の乗用車と路線バスをそれぞれの経路に配分し、この結果の各道路区間交通量を初期交通量とする。つきに残りの乗用車 O D 表を N 層に等分割し、これを第 1 層から順次配分する。各層の配分は前層までの配分結果をもとにして各経路の所要時間を算定し、O D ごとの最短時間経路に配分する。最短時間の経路が 2 本以上ある場合、各経路に等分して配分する。

この方法では、分割数 $N=1$ の場合、初期交通量をもとに算定する最短時間経路に全車を配分することになり、flow-independent な最短時間経路配分と考えることができる。一方、 N が十分大きな値の場合、各層の配分による経路の所要時間の変化が小さくなれば、これは「各経路の走行時間は実際に利用される経路についてはすべて等しく、利用されない経路の走行時間よりも小さい。」⁶⁾と定義される等時間原則に近づくと考えられる。⁷⁾以下では適当な分割数 N による分割配分法を用いて、O D 交通量を各経路に配分するための定式化を行なう。

(b) 乗用車の経路配分

(i) 初期交通量の算定

式 (4・2・16) のバス運行本数と式 (4・2・8) または式 (4・2・10) の乗用車台数とを加えた値を区間 j の初期交通量 Q_j^0 とし、この関係をつきに示す。

$$Q_j^0 = \alpha_b \cdot \sum_l E_l \cdot M_{lj}^{bb} + \sum_{h \in A} C_h \cdot M_{hj}^c \dots\dots\dots (4 \cdot 2 \cdot 17)$$

ここで、 Q_j^0 ; 区間 j の初期交通量
 E_l ; バス系統 l の運行本数
 C_h ; 乗用車トリップ数
 \mathcal{A} ; 直線経路で到達できるODの集合
 i_h ; 経路番号 ($h \in \mathcal{A}$)
 α_b ; バスの乗用車換算係数

式(4・2・17)の右辺第1項は区間 j の路線バス通過台数、第2項は乗用車通過台数を示す。

(ii) 区間所要時間の算定

一般に道路を走行する自動車の平均速度は、交通量が少なくて各車が自由に走行できる場合には全体として高く、交通量が増すにつれて低下する傾向にある。⁸⁾本モデルでは平均速度と交通量の関係を式(4・2・18)に示すように、1次式であらわす。

$$\left. \begin{aligned} v_j^c(e_j) &= a_c^{(e_j)} \cdot q_j + b_c^{(e_j)} \\ v_j^b(e_j) &= a_b^{(e_j)} \cdot q_j + b_b^{(e_j)} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4 \cdot 2 \cdot 18)$$

ここで、 $q_j = Q_j / L_j$

v_j^c ; 区間 j の乗用車の平均表定速度 (m/分)
 v_j^b ; 区間 j のバスの平均表定速度 (m/分)
 q_j ; 区間 j の1車線あたり交通量 (台/レーン・時)
 Q_j ; 区間 j の交通量 (台/時)
 L_j ; 区間 j の車線数
 (e_j) ; レーン設置を示すサフィックス
 $e_j = 0$ 混合交通 $e_j = 1$ 優先レーン
 $e_j = 2$ 専用レーン

式(4・2・18)で区間の平均速度が求められると、次式(4・2・19)で区間の所要時間が算定される。なおこの式以後煩雑なので、バスレーン設置状態を示すサフィックスは略す。

$$\left. \begin{aligned} t_j^c &= D_j / v_j^c \\ t_j^b &= D_j / v_j^b \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4 \cdot 2 \cdot 19)$$

ここで、 t_j^c ; 区間 j の乗用車の所要時間 (分)
 t_j^b ; 区間 j のバスの所要時間 (分)
 D_j ; 区間 j の距離 (m)

(iii) 経路所要時間の算定

式(4・2・19)で求められる区間所要時間と式(4・2・1)、(4・2・2)のバスマトリックスを用いて、式(4・2・20)、(4・2・21)に示すように乗用車およびバス利用の所要時間 T_i^c 、 T_r^b が求められる。

$$T_i^c = \sum_j (t_j^c \cdot M_{ij}^c) \dots\dots\dots (4 \cdot 2 \cdot 20)$$

$$T_r^b = \sum_j (t_j^b \cdot M_{rj}^{bp}) \dots\dots\dots (4 \cdot 2 \cdot 21)$$

ここで、 T_i^c ; 乗用車利用経路 i の所要時間
 T_r^b ; バス利用経路 r の所要時間

(Ⅳ) 各層の乗用車OD表の経路への配分

直線経路で到達できないODトリップを \bar{N} 等分し、それぞれの分割されたOD表を、順に第1層OD表、第2層OD表、……第 \bar{N} 層OD表と呼ぶ。

いま第 N' 層までの乗用車が配分されたとする。このとき式(4・2・20)から各経路の乗用車の所要時間が定まり、各ODの最短時間経路が求められる。従って第($N'+1$)層目の乗用車の経路配分は式(4・2・22)で示される。

$$U_i^{(N'+1)} = \begin{cases} U_i^{N'} + \frac{C_h}{\bar{N} \cdot n_h^{(N')}} & ; i = i_h^{*(N')} \\ U_i^{N'} & ; i \neq i_h^{*(N')} \end{cases} \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 2 \cdot 22)$$

ここに、 $U_i^{(N'+1)}$; 第 N' 層配分後の乗用車利用経路 i の利用台数

\bar{N} ; 分割数

$i_h^{*(N')}$; 第 N' 層配分時の最短時間経路番号

$n_h^{(N')}$; 第 N' 層配分時の最短時間経路の本数

つぎに第($N'+1$)層配分後の区間 j の自動車交通量はバスマトリックス M_{ij}^c を用いて、式(4・2・23)で示される。

$$Q_j^{(N'+1)} = Q_j^0 + \sum_i (U_i^{(N'+1)} \cdot M_{ij}^c) \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 2 \cdot 23)$$

ここに、 $Q_j^{(N'+1)}$; 第($N'+1$)層配分後の区間 j の交通量

Q_j^0 ; 区間 j の初期交通量

上述した式(4・2・18)から式(4・2・23)までの過程を第 \bar{N} 層までくり返し、乗用車の配分をおわると最終的に各区間の交通量 Q_j が定まる。この Q_j を用いて式(4・2・18)から式(4・2・21)で各区間所要時間、経路所要時間が求まる。

総走行距離 VR は交通量 Q_j と区間距離 D_j を用いて次式で示される。

$$VR = \sum_j Q_j \cdot D_j \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 2 \cdot 24)$$

(Ⅴ) バスの運行所要時間とバス必要台数

バス系統 l の運行所要時間 TB_l はバスマトリックス M_{ij}^{bb} と式(4・2・19)の t_j^b を用いて次式で示される。

$$TB_l = \sum_j t_j^b \cdot M_{ij}^{bb} \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 2 \cdot 25)$$

従って、バス系統 l の輸送確保に必要なバス台数 F_l は式(4・2・16)の E_l を用いて次式となる。

$$F_l = E_l \cdot TB_l \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 2 \cdot 26)$$

(4) 乗用車からバス利用への乗りかえ率

バスレーンが設置されてバスの所要時間が乗用車に比して相対的に短縮されると、乗用車利用者の一部がバス利用へ転換すると考えられる。この転換率にはつきに述べる2つの考え方がある。

(a) 転換率の基本的考え方

①分担率モデルを用いてレーンが設置される時の分担率を算定し、この分担率と基本トリップOD表から手段別OD表を求める。

②転換率モデルを用いてレーン設置前後のサービス水準を比較して転換率を算定し、これとレーン設置前の手段別OD表からレーン設置後の手段別OD表を求める。

この2つの方法を比較するとつぎのとおりである。

①はレーン設置前の分担率も説明可能であり、またその状態を検証可能である。しかし、分担率を用いて基

本トリップOD表を手段別OD表に分離するために、推定の対象となるトリップ数が大きいこともあって、モデルによる大きな誤差の危険性が高い。

②は推定の対象となるトリップは比較的小さいために、モデルによる大きな誤差の危険性を減らすことができる。

一般に交通機関の選択は個人の主観的判断に負うところが大きく、信頼できる分担率モデルを望めないと考えられる。そこで誤差の危険性を減らすという考え方から、本モデルでは②の考え方をとる。

(b) 乗りかえ率の定式化

一般に乗りかえ率を説明するには、時間差や時間比を説明変数にとる。

本モデルでは以下のようにして、乗りかえ率を定める。

まずOD番号 h の乗用車利用、バス利用それぞれの経路所要時間の最小値 T_h^c 、 T_h^b とすると T_h^c と T_h^b の平均 T_h^m は次式となる。

$$T_h^m = (T_h^c + T_h^b) / 2 \quad \cdots (4 \cdot 2 \cdot 27)$$

つきに T_h^c と T_h^b の差を T_h^m で割った値を R_h とし、次式に示す。

$T_h^b = 2T_h^c$ のとき、すなわち次式の $R_h = -2/3 = -0.67$ のとき、バスから乗用車への転換が始まるものとする。

$$R_h = (T_h^c - T_h^b) / T_h^m \quad \cdots (4 \cdot 2 \cdot 28)$$

乗りかえ率の最大値は0.6とし、 $T_h^b = T_h^c / 2$ 、すなわち $R_h = 2/3 \div 0.67$ になるまで、バスへの乗りかえ率 R_h^{bc} は一定の割合で増加するものとする。⁹⁾

以上の仮定にもとづく乗りかえ率 R_h^{bc} は次式によって示される。

$$R_h^{bc} = \begin{cases} 0.0 & ; R_h < -0.67 \\ 0.45 R_h + 0.03 & ; -0.67 \leq R_h \leq 0.67 \\ 0.60 & ; R_h > 0.67 \end{cases} \quad \cdots (4 \cdot 2 \cdot 29)$$

この乗りかえ率 R_h^{bc} と R_h との関係は図4・2・8となる。

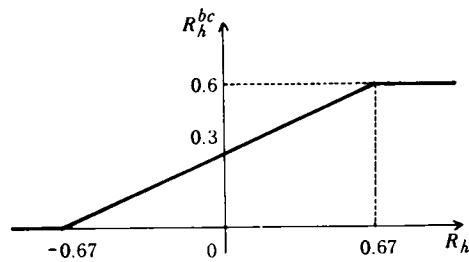


図 4・2・8 乗換え率

表 4・2・4 記号の一覧

記号	意味
M_{ij}^c	自家用車利用経路バスマトリックス
M_{ij}^{bp}	バス利用経路バスマトリックス
M_{lj}^{bb}	バス路線バスマトリックス
M_{rk}^l	バス利用者経路—路線対応行列
π_i^c	自家用車利用経路 i の通過区間からなる集合
π_r^{bp}	バス利用経路 r の通過区間からなる集合
π_l^{bl}	第 l 系統バス路線の通過区間からなる集合
Ω_r	バス利用経路 r で利用するバスシステムの集合
π_h	OD h のバス利用経路の集合
Δ	直接経路で到達できるODの集合
E_l	第 l 系統バス運行本数(1時間あたり)
N_r^b	バス利用第 r 経路の利用者数(人)
RB_r^h	OD番号 h のODの第 r 経路選択率
Y_j^l	第 l 系統第 j 区間の通過乗客数(人)
t_j^c	区間 j の自家用車所要時間(分)
t_j^b	区間 j のバス所要時間(分)
T_i^c	自家用車経路 i の所要時間(分)
T_r^b	バス利用経路 r の所要時間(分)
D_j	区間 j の距離(m)
L_j	区間 j の車線数
Q_j	区間 j の交通量(台/時)
q_j	区間 j の1車線あたり交通量(台/時車線)
V_j^c	区間 j の自家用車走行速度(m/分)
V_j^b	区間 j のバス走行速度(m/分)
R_h^{bc}	乗りかえ率
VR	総走行距離

以上の定式化に用いた記号の一覧を表4・2・4に示す。

4・2・4 モデルの試算例とその考察

前述したシミュレーションモデルをある簡単な街路網に適用して、その試算結果からバスレーン網設置の影響および効果について考察する。

(1) 試算の仮定

1) 対象道路網

南北3本、東西4本の格子状道路網を対象とし、各道路区間の車線数と距離を図4・2・9のように仮定した。この道路網の道路区間番号を図4・2・10に示す。

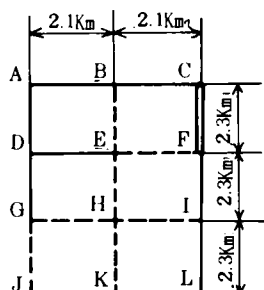
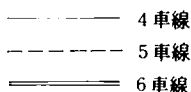


図4・2・9 対象道路網と区間距離・車線数

2) バスレーン設置

による交通容量
の減少

専用レーンおよび優先レーンを1車線設置する場合、一般車の交通容量はそれぞれ1車線分およびその半分に減少するものと仮定する。



3) O D表について

図4・2・9に示されるAからLの12個のノードをトリップの発生・吸収点とし、1時間あたり基本トリップOD表を表4・2・5のように与える。またマストラ利用の1時間あたりODトリップ数の、¹⁰⁾基本トリップ数に対する割合をバス利用率とする。

4) バスの系統と路線

バスの系統別路線を図4・2・11のように仮定する。また各バス系統の運行本数の比を図4・2・11に記入したように仮定する。この場合のバス系統を示すバスマトリックスは図4・2・12となる。

5) バスレーン網代替案の指定

バスレーン網は、バスレーンを設置しないケース1から全区間に専用レーンを設置するケース12まで、図4・2・13に示す12種類を想定する。

ケース1, 2, 3では、中央部分の1区間がそれぞれ指定なし、優先レーン、専用レーンと変化する。ケース1, 4, 7, 10では優先レーン設置区間が順次長くなる。同様にケース3, 6, 9, 12では専用レーン設置区間が順次長くなる。ケース2, 5, 8, 11は専用レーンと優先レーンが併用して順次設置区間が長くなるように、各ケースを設定している。

上記以外に外生的に与える数値として、乗用車1台あたり平均乗車人員を1.56人、またバスの乗用車換算係数を2.0、等時間原則配分を行なう際の分割数を50とする。またバスおよび乗用車のQ-V定数は、1972年に京都市内で実施した調査から得た表4・2・6に示す測定値を用いる。¹¹⁾

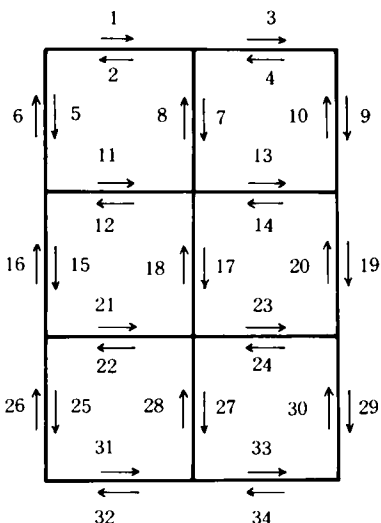


図4・2・10 道路網の道路区間番号

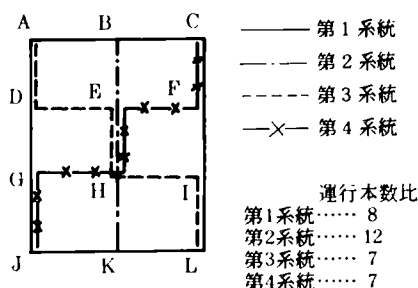


図4・2・11 バス系統とバス路線網

表 4・2・4 基本トリップOD表

O \ D	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	計
A		2,549	478	335	1,196	418	1,268	1,525	529	2,183	967	56	11,504
B	2,219		1,587	253	1,688	615	979	2,175	1,155	2,785	1,400	96	14,952
C	1,388	2,675		221	1,666	601	589	2,081	1,432	2,634	1,348	97	14,732
D	1,884	1,139	383		1,203	315	729	1,735	394	275	682	53	8,792
E	297	514	156	66		177	345	1,266	470	606	463	24	4,384
F	710	1,966	914	189	966		560	1,877	0	0	0	0	7,182
G	2,586	1,651	627	85	1,919	297		3,307	1,320	1,808	2,833	798	17,231
H	231	307	105	62	814	161	301		609	705	651	20	3,966
I	1,066	2,456	1,097	203	2,275	0	953	4,541		2,071	2,713	293	17,668
J	1,689	2,007	899	62	1,434	0	2,175	2,928	1,291		2,988	2,152	17,635
K	1,830	4,109	1,759	370	2,538	0	2,705	6,528	4,181	6,312		2,799	33,131
L	291	463	231	62	474	0	398	53	801	929	2,411		6,113
計	14,191	19,836	8,236	1,908	16,173	2,584	11,002	28,016	12,182	20,308	16,466	6,388	157,290

道路 間番号 バス 系統	道路間番号																																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
第1系統 : $\ell=1$	1	1	1	1	1	1				1	1				1	1			1	1					1	1			1	1	1	1	1	1	1
第2系統 : $\ell=2$							1	1								1	1										1	1							
第3系統 : $\ell=3$					1	1					1	1				1	1					1	1						1	1					
第4系統 : $\ell=4$								1	1			1	1			1	1			1	1			1	1										

(注) 空白の部分は0である。

図 4・2・12 バス系統のバスマトリックス

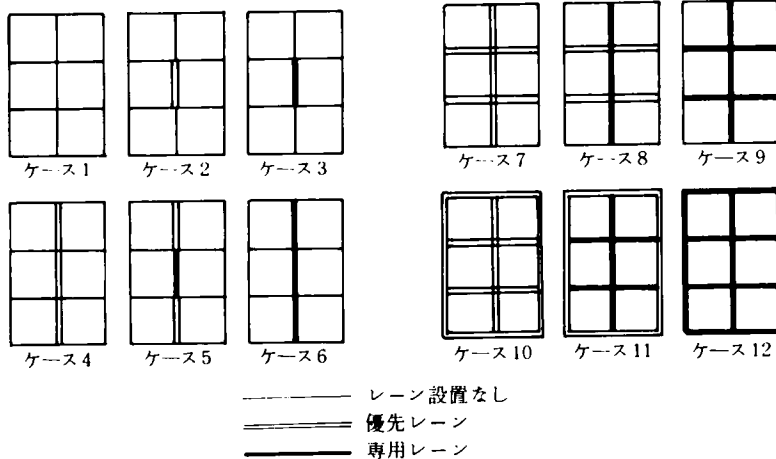


図 4・2・13 レーン指定

表 4・2・6 バスおよび乗用車の Q-V 定数

	a^c	b^c	a^b	b^b
混合交通	-0.5573	965.2	-0.01767	237.3
優先レーン	-0.5403	856.6	-0.01667	286.1
専用レーン	-0.8577	953.2	0	395.0

6) モデルの妥当性の検討

このモデルを用いて、道路区間の全てを専用レーンまたは優先レーンにする場合、バスレーンの効果をバスレーンを設置しない場合と比較した。その結果表 4・2・7 に示すようなバス運行時間の減少、並びにバス乗客数、バ

スの運行本数、一般車の所要時間、それぞれの増加割合が得られた。

これらの値を表 4・2・7 に示された実際のバスレーン設置時の効果と比較すると、類似している。つまりモデルは現実のバスレーンの効果を適確に解折しているといえる。

そこでこのモデルを用いて、以下でバスレーンの効果について比較考察する。

(2) 試算結果

前節で述べた12ケースのバスレーン網設置案に対し、シミュレーションモデルを適用し、表 4・2・8 に示す結果が得られた。この表における数値は次のとおりである。

表 4・2・7 バスレーン効果の計算値と実測値の比較

	モデルの計算値	実測値 (注)
乗客数	2 ~ 10 % 増	4.1 ~ 6.5 % 増
バスの所要時間	16 ~ 35 % 減	17 ~ 32 % 減
バスの運行本数	20 ~ 40 % 増	16 ~ 25 % 減
一般車の所要時間	18 ~ 26 % 増	約 15 % 増

(注) 警視庁交通部調べ¹²⁾

表 4・2・8 試算結果の一覧表

レーン指定	ケース番号	バス利用者数 A (百人)	バス延べ乗客数 B (千人区間)	バス必要台数 C (台)	バスの輸送効率 B/C	総走行距離(万台キロ)			総所要人時間(万人分)		
						乗用車	バス	合計	乗用車	バス	合計
レーンなし	1	1,197	2,427	1,116	217.4	12,158	324	12,482	27.5	234.6	262
優先レーン設置	2	1,199	2,427	1,086	223.5	12,153	324	12,477	28.5	230.1	259
	4	1,201	2,434	1,061	229.4	12,056	324	12,380	29.1	223.5	253
	7	1,202	2,434	1,034	235.4	12,058	324	12,382	20.0	215.6	246
	10	1,211	2,456	932	263.5	11,741	326	12,067	34.9	196.8	232
専用レーン設置	3	1,209	2,450	1,050	233.3	11,804	324	12,128	29.7	225.3	255
	6	1,283	2,472	989	249.9	11,490	324	11,814	29.0	209.0	238
	9	1,293	2,494	933	267.3	11,184	330	11,514	29.3	191.9	221
	12	1,312	2,700	700	385.7	18,240	347	18,587	34.1	151.6	186
優先・専用レーン併用設置	5	1,213	2,456	1,025	239.6	11,726	324	12,050	29.8	218.4	248
	8	1,224	2,476	963	257.1	11,443	325	11,768	29.6	201.5	231
	11	1,258	2,562	837	306.1	10,219	337	10,556	32.5	175.1	208

- ① バス利用者数は基本トリップのうちバス利用する人数。
- ② バスの延べ乗客数は各道路区間を通過するバス利用者数の総和。
- ③ 総走行距離は各道路区間の自動車通過台数と区間距離の積の総和。
- ④ 総所要人時間は各道路区間の通過人数と所要時間の積の総和。

なお総走行距離と総所要人時間はバスと乗用車によるものを加えた値である。表 4・2・8 に示されるバス利用者数は、バスの延べ乗客数、バス必要台数、総走行距離、総所要人時間の種々の評価指標を、いずれもバスレーン設置延長との関係で示したものがそれぞれ図 4・2・14、4・2・15、4・2・16、4・2・17、4・2・18 である。

これらの図のうち、まず図 4・2・14、4・2・15 から、優先レーン設置よりも専用レーン設置の方がバス利用者数および延べ乗客数の増加の割合が著しく大きいことがわかる。また、図 4・2・16、4・2・17、4・2・18 より、バス必要台数、総走行距離、総所要人時間のいずれもレーン設置延長に対する減少度は、優先レーンよりも専用レーンの方が大きいことがわかる。ここに述べた表および図により、以下各項目について説明する。

a) バス利用者数

① ケース1に比較して
ケース10（全区間優先レーン）では2%しか増加しないが、ケース12（全区間専用レーン）では約10%も増加する。

② 乗用車からバスへの転換を促進する効果は、一般に長区間に優先レーンを設置するよりも短区間に専用レーンを設置する方が有効である。

③ 都市内のバス運賃が均一料金制の場合、運賃収入はバス利用者数に比例するので、ケース1→ケース3→ケース6と変化するにつれて、運賃収入が大きく増加する。

b) バスの延べ乗客数

① ケース1に比較して
ケース12で延べ乗客数は約10%増加している。またケース3（一部分専用レーン）でもケース10（全区間優先レーン）と同程度の増加があり、専用レーン増設の方が優先レーン増設よりも延べ乗客数の増加に対する効果が大きい。

② 都市内のバス運賃が距離に比例すると仮定した場合、その運賃収入はこの延べ乗客数に比例すると考えられる。

c) バス必要台数

① ケース1に比較して
ケース10で約20%、ケース12では40%も少ないバ

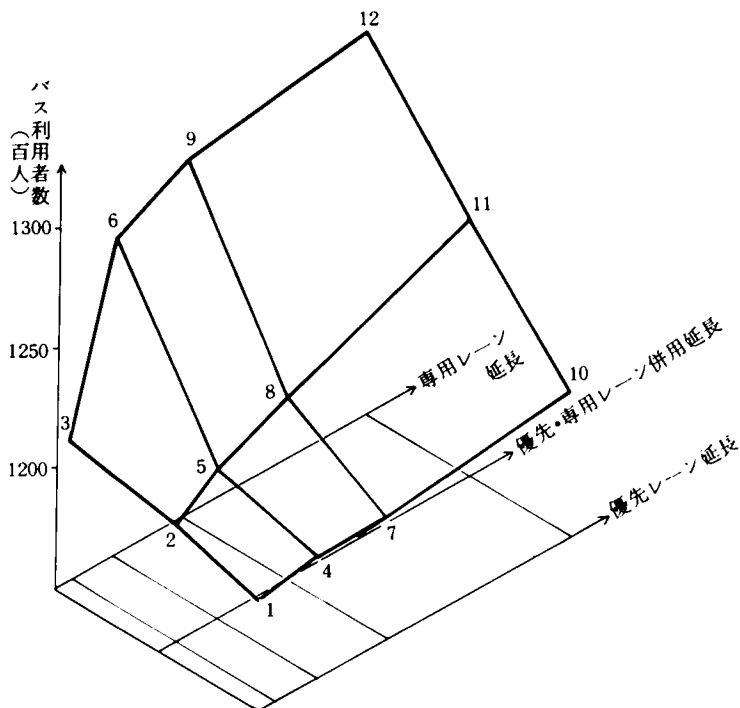


図4・2・14 バス利用者数

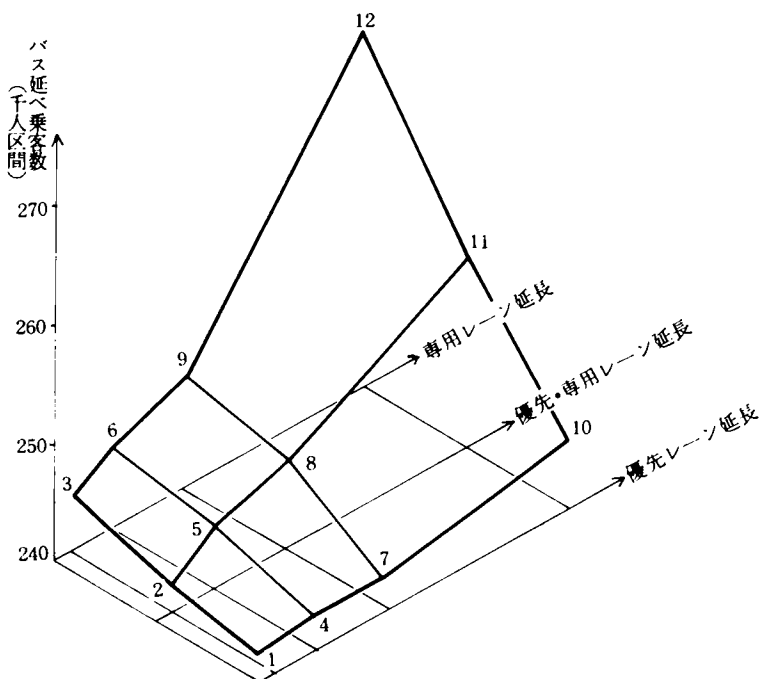


図4・2・15 バス延べ乗客数

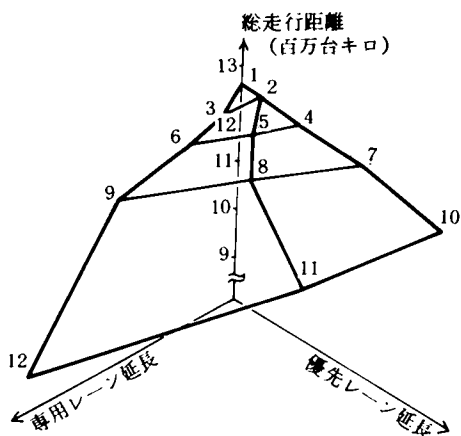


図 4・2・16 バス必要台数

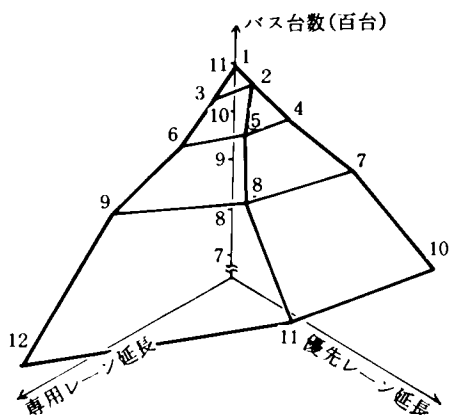


図 4・2・17 都市全体での総走行距離

ス台数で輸送力を確保できる。

②延べ乗客数のバス必要台数に対する比、すなわちバス 1 台あたりの乗客輸送の効率は専用レーンの方が優先レーンよりもはるかに高い。つまりケース 1 にくらべてケース 10 の場合 1.22 倍であるが、ケース 12 では 1.77 倍に達している。

d) 総走行距離

①総走行距離はケース 1 に比較して、乗用車ではケース 10 で 3.4 %、ケース 12 で 32.2 %、いずれも減少している。一方バスではケース 10 で 0.6 %、ケース 12 で 7 %、いずれも増加している。バスと乗用車の合計では、ケース 10 で 3.3 %、ケース 12 で 31.2 %、いずれも減少している。

②ケース 5 と 6 の総走行距離はケース 10 の場合より小さくなっており、長い距離にわたって優先レーンを設置するよりも、短い距離に専用レーンを設置する方が総走行距離短縮の効果が大きい。

③総走行距離は都市内の車の排気ガス総量に比例すると考えられる。従って長区間の優先レーン設置よりも短区間専用レーン設置の方が排気ガス減少に有効であると考えられる。

e) 総所要人時間

①ケース 1 に比較して、ケース 10 では乗用車で 23 % 増加するがバスで 14 % 減少するので合計で 12 % の減少となる。同様に、ケース 12 では乗用車で 24 % 増加し、バスで 35 % 減少するため合計で 29 % の減少となる。

②全区間に優先レーンを設置するケース 10 と、中央部分のみ専用レーンを設置するケース 6 は、総所要人時間に関してはほぼ同じ効果を期待できる。

以上は仮想の街路網を持つ都市におけるものであるが、この試算結果から一般的にバス優先レーンよりも専用レーンの設置の方が、バス利用者の増加、バス必要台数の減少、総走行距離の減少、総所要人時間の減少など、それぞれの指標に与える効果が大きいといえる。

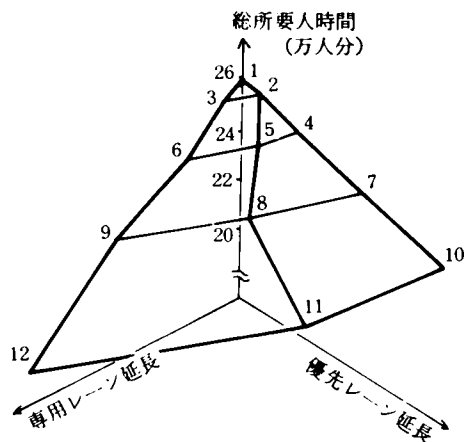


図 4・2・18 都市全体の総所要人時間

4・3 モデルの改良並びに拡張^{2),13),14)}

4・3・1 概 説

前節では簡単な街路網を対象とし、バスレーン網設置による種々の影響を解析するモデルを定式化した。モデルでは、利用者の経路を0又は1の行列成分を持つバスマトリックスで表現した。街路網が大きくなると、バスマトリックスが膨大になり、電子計算機の記憶容量をこえることが推測される。

本節では、大規模な街路網におけるバスレーン網設置の効果を把握できるように、つぎに述べるモデルの改良・修正並びにOD変換プロセスの追加を行なう。

① バスマトリックスの内容を修正する。

(i) まずバスマトリックスを自動的に正確に作成するプログラム手法を開発する。これはノードとアークの結合状態を示す結合行列を用いて、任意のODの最短距離経路の縦方向、横方向それぞれの移動量を求め、移動量から経路が通過するアークを決定し、順次バスマトリックスをつくるプログラムである。

(ii) 経路が通過する道路区間を0又は1で表現するのではなく、通過する道路区間を順番に並べたアーク列で表現する。バス利用の経路は、通過する道路区間が全て同じである乗用車利用経路の番号で表わす。

② ゾーン間ODをノード間ODに変換するプロセスを追加し、ゾーン単位ODトリップを扱えるようにする。

③ バス利用へ転換する対象者の修正

前節では乗用車利用者の全てがバス利用へ転換する対象であるが、本節ではつぎのように修正する。

(i) バスのみを利用するトリップ、自家用車のみを利用するトリップを除いたODトリップを自由選択トリップとする。

(ii) バスレーンが設置される時、この自由選択利用者の一部がバス利用へ転換する。

④ バス系統利用率の変更

前節では、出発地で複数のバス系統を利用できる時、任意のバス系統利用率はバス系統の運行本数に比例するものとした。本節では、バス利用者が任意のバス系統を利用する割合は乗りかえを含めた待ち時間に反比例するものとし、バス系統利用率を修正する。

4・3・2 前提条件の追加並びに修正

ここでは、交通機関の種類、格子状道路網のノードとゾーン、バス利用者のバス系統利用率、自家用車からバスへの転換について、前提条件を追加並びに修正する。

これらの前提条件を述べる前に、本節で用いる用語について述べる。

(1) 用語の定義

4・2で定義した表4・2・1に示される用語のほか、表4・3・1に示す用語を定義する。

(2) 前提条件

モデルの前提条件として、つぎの5つを追加並びに修正する。

① 交通機関の種類

利用できる交通機関は路線バス、タクシー並びに自家用車である。

② 道路網

主要道路は格子状道路網とその周辺ノードからのびる放射状道路網からなる。

③ 道路網のノードとゾーン

(i) 道路網のそれぞれのノードを中心とする、ある一定の範囲をゾーンする。

(ii) ゾーンから発生するトリップは、そのゾーン内のどの部分からも一様な密度で発生する。吸収の場合も同様である。

(iii) ゾーン内で発生するトリップは、発生点に最も近いノードから主要道路を利用する。

(iv) 鉄道を利用して格子状道路網内に流入するトリップは、ノードにある駅からバス並びに自家用車を

表4・3・1 用語の定義

用語	内 容
自家用車 自動車	自家用乗用車、自家用貨物自動車を含めていう 自家用車、タクシー、ハイヤー、営業用貨物自動車、バスを含めた総称
バス専用利用トリップ	バスレーン設置などのいかににかかわらずバスを利用するトリップ
自家用車専用利用トリップ	施設のいかににかかわらず自家用車を利用するトリップ
自由選択トリップ	状況に応じて、バス、自家用車、タクシーを利用するトリップ
中心部ゾーン	都心部に相当する位置にあってゾーン内に格子状道路網のノードを含むゾーン
周辺部ゾーン	中心部ゾーンの外周部にあって格子状道路網のノードを含まないゾーン
ノード影響圏面積	ゾーンが複数個のノードを含む場合、ノードに発生するトリップのゾーン内の範囲をノードの影響圏と呼び、その面積をノード影響圏面積という
ノード・ゾーン変換係数	ノード影響圏面積を用いて、ゾーン単位の発生・吸収をノード単位の発生・吸収に変換するための係数
転換率	バスレーン設置によって、バス利用の場合のODトリップ時間が自家用車利用の場合に比べて相対的に短くなるときに、自由選択トリップの一部がバス利用に転換する割合
経路選択率	バス利用者が利用可能な複数個のバス系統の中から、任意の系統を選択して利用する割合
アーク	向きを考慮した隣接するノード間を結ぶリンク
アーク番号	アークにつけられた番号
区 間	向きを考慮しないノード間のリンク

利用する。

④ バス利用者のバス系統利用率

バスを利用する時、2 本以上の経路が利用可能な場合、各経路を選択する割合はそれぞれの経路の乗りかえを含めた待ち時間に反比例する。

⑤ 自家用車利用からバス利用への転換

(i) バスレーンが設置されてバスの所要時間が自家用車に比べて相対的に短縮される時、自由選択トリップのうち自家用車利用の一部がバス利用へ転換する。

(ii) なお転換率に関係するバス並びに自家用車の所要時間は、バスレーン設置による格子状道路網内の時間のみ変化する。

(iii) 放射状道路を利用して格子状道路網内へ流入するまでの時間は所与である。

上記の5つの前提条件のうち、②、③、⑤の(ii)、(iii) はゾーン間ODをノード間ODに変換するプロセスの追加ともなう前提条件である。

(3) モデルの構成

前節のモデルとほぼ同じであるが、前項(2)で述べた前提条件にもとづき、図4・3・1に示されるように、つぎの3つのプロセスを追加並びに修正する。

① ゾーン間ODをノード間ODに変換するプロセス

前項(2)の追加された前提条件③の(ii)にもとづき、ノード・ゾーン変換係数を用いて、ゾーン間ODトリップをノード間ODトリップに変換する。

② バス系統利用率算定プロセス

バスを利用する場合、出発地で利用可能な系統が2 本以上ある場合、前提条件④にもとづき、乗りかえを含めた待ち時間から任意のバス系統利用率を算定する。

③ 転換率算定プロセス

バスレーンが設置されて、バス利用の経路所要時間が自家用車利用に比較して相対的に短縮されるとき、自由選択トリップがバス利用に転換する割合を算定する。この点が4・2のモデルの転換率を求める過程と異なるところである。バスのみを利用するトリップ並びに自家用車のみを利用するトリップを除外した自由選択トリップが転換の対象となるため現実に近い交通機関の選択を表現できると考えられる。

4・3・3 モデルの追加、修正とその定式化

ここでは、バスマトリックスの改良、ゾーン間ODをノード間ODに変換するプロセス、バス系統利用率並びに転換率算定プロセスの定式化を行なう。

(1) バスマトリックスの改良

4・2で述べたモデルを実際の街路網に適用する場合、つきの2つの問題点がある。

- ①膨大なバスマトリックスをいかにしてでも正確に作成するか。
- ②バスマトリックスを0-1の行列成分で表現すれば、大容量の記憶領域が必要である。しかし計算機の記憶容量には制限がある。

これら2つの問題点を解決する方法を以下に述べる。

1) バスマトリックスの作成

格子状道路網を前提とするバスマトリックスを自動的に作成するために、各ODに対する最短距離の経路を出力するプログラムを開発する。このプログラムは、格子状道路網内の経路が横方向移動と縦方向移動の順列として表わせることに着目する。以下にこの手法を述べる。

まず、図4・3・2に示すように $M \times N$ 型格子状道路網の各アークとノードに番号をつける。ここで結合行列 A の第 m 行第 n 列の要素 A_{mn} をつぎのように定義する。

- ①ノード m からノード n へのアークが存在しないとき

$$A_{mn} = 0$$

..... (4・3・1)

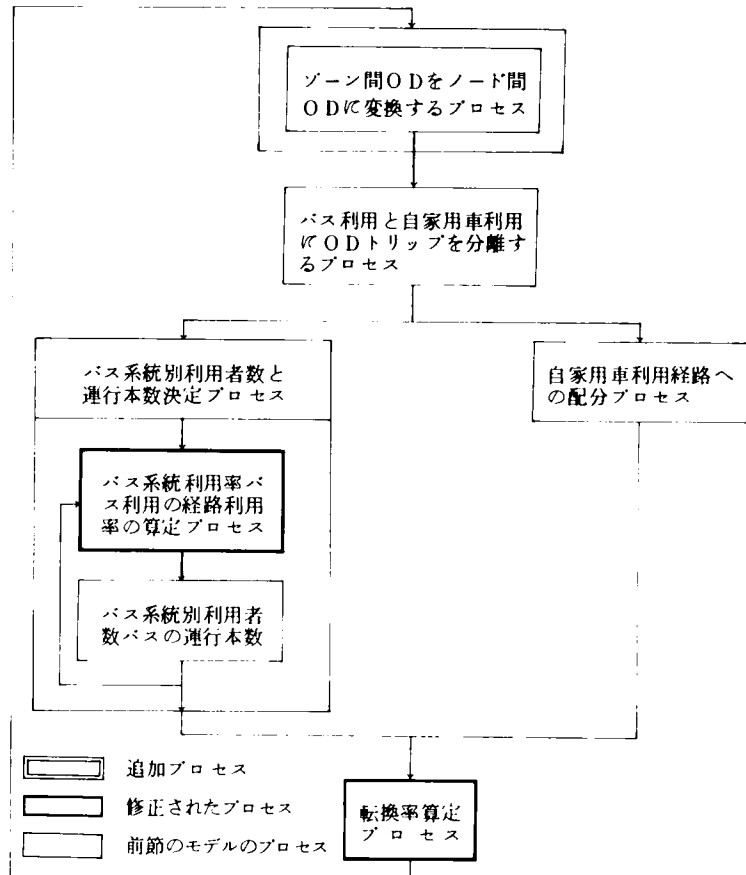


図4・3・1 モデルの追加・修正プロセス

②ノード m からノード n へのアーク
 j が存在するとき

$$A_{mn} = j \quad \cdots \cdots (4 \cdot 3 \cdot 1)'$$

A は図4・3・2の道路網では図4・3・3
 のようになる。

(i) ステップ1 ; ノード番号の座
 標化

ノード n の座標を (x_n, y_n) とし、
 これを式(4・3・2)で定義する。

$$y_n = ((n-1)/M) + 1$$

$$x_n = n - M \times (y_n - 1)$$

$$\cdots \cdots (4 \cdot 3 \cdot 2)$$

(ii) ステップ2 ; 移動数の算定

起点、終点の座標をそれぞれ (x_0, y_0) 、 (x_D, y_D) とする。このODの x
 方向へのそれぞれの移動数 m_x, m_y は次
 式で示される。

$$\left. \begin{aligned} m_x &= x_D - x_0 \\ m_y &= y_D - y_0 \end{aligned} \right\} \quad (4 \cdot 3 \cdot 3)$$

(iii) ステップ3 ; 移動ベクトルの
 作成

このODの最短距離経路は x 方向へ
 の移動 $|m_x|$ 回、 y 方向への移動 $|m_y|$
 回の順列によって形成される。そこで

図4・3・2の右方向、下方向を正符号、左方向、上方向を負符号にとる。 x 方向、 y 方向の移動をそれぞれ符号
 を含めて数字の1,2で表わし、2つの数字1と2の順列を発生させて移動ベクトルを作成する。移動ベクトル
 v の第 k 番目の要素は経路の第 k 番目の移動方向を示し、次式で表わされる。

$$v = (v_1, v_2, \cdots, v_k, \cdots, v_{|m_x|+|m_y|}) \quad \cdots \cdots (4 \cdot 3 \cdot 4)$$

たとえば図4・3・2でノード $N+1$ からノード N へいく経路の移動ベクトルはつきの4つである。

$$\left. \begin{aligned} v_1 &= (-2, 1, 1, 1) & v_2 &= (1, -2, 1, 1) \\ v_3 &= (1, 1, -2, 1) & v_4 &= (1, 1, 1, -2) \end{aligned} \right\} \quad \cdots \cdots (4 \cdot 3 \cdot 5)$$

(iv) ステップ4 ; ノード列の作成

ある経路の第 k 番目に通過するノードの座標 (x_k, y_k) は、第 $(k-1)$ 番目に通過するノードの座標 (x_{k-1}, y_{k-1}) と移動ベクトル v_k を用いてつきのように求められる。

x 方向移動 ; $|v_k| = 1$ のとき

$$x_k = x_{k-1} + v_k, \quad y_k = y_{k-1} \quad \cdots \cdots (4 \cdot 3 \cdot 6)$$

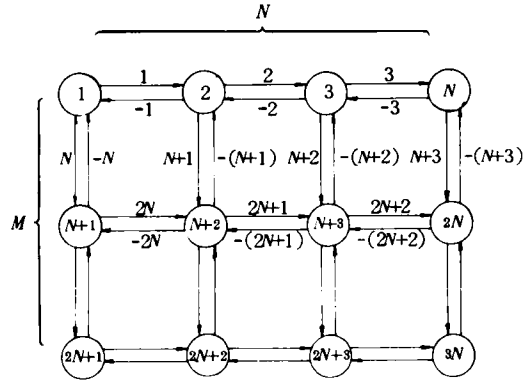


図4・3・2 ノード番号とアーク番号

D \ O	1	2	3	N	N+1	N+2	N+3	2N	...
1		1			N				
2	-1		2			N+1			
3		-2		3			N+2		
N			-3					N+3	
N+1	-N					2N			
N+2		-(N+1)			-2N		2N+1		
N+3			-(N+2)			-(2N+1)		2N+2	
2N				-(N+3)			-(2N+2)		
...									

図4・3・3 結合行列

y 方向移動； $|v_k| = 2$ のとき

$$x_k = x_{k-1}, \quad y_k = y_{k-1} + v_k / 2 \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 3 \cdot 7)$$

(V) ステップ 5；ノード番号への変換

座標 (x_n, y_n) で与えられるノードのノード番号 n は次式で与えられる。

$$n = x_n + M \times (y_{n-1}) \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 3 \cdot 8)$$

(VI) ステップ 6；アーク列への変換

ある経路の第 k 番目に通過するアークの番号を j_k とすれば、結合行列を用いて j_k は次式で示される。

$$j_k = A n_{k-1} n_k \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 3 \cdot 9)$$

ここで、 n_{k-1} ；アーク j_k の始点のノード番号

n_k ；アーク j_k の終点のノード番号

これにより、ステップ 5 で求められるノード列をアーク列に変換できる。このアーク列 J は次式のような。

$$J = (j_1, j_2, j_3, \dots, j_k, \dots, j_{|m_x|+|m_y|}) \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 3 \cdot 10)$$

たとえば図 4・3・2 で、ノード $N+1$ からノード N へいく場合の経路のアーク列はつきの 4 つである。

$$\left. \begin{aligned} J_1 &= (-N, 1, 2, 3), & J_2 &= (2N, -(N+1), 2, 3) \\ J_3 &= (2N, 2N+1, -(N+1), 3), & J_4 &= (2N, 2N+1, 2N+2, -(N+3)) \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 3 \cdot 11)$$

(VII) ステップ 7；バスマトリックスへの変換

第 i 経路のアーク列 J^i が求められると、バスマトリックス第 (i, j) 要素は次式で示される。

$$P_{ij} = \begin{cases} 1 & ; j \in J^i \\ 0 & ; j \notin J^i \end{cases} \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 3 \cdot 12)$$

以上の過程をすべての O D についてくり返せば、格子状道路網内のすべての O D に対する最短距離のバスマトリックスを作成できる。

2) プログラムの記憶領域の縮小

大規模な格子状街路網を対象としてモデルを実際に電子計算機で実行する場合、バスマトリックスが非常に大きくなり、表 4・3・2 に示されるように計算機の記憶領域（コア容量）が不足することになる。そこでバスマトリックスを以下のように改良する。

表 4・3・2 コア使用量の比較

	右左折回数	2 回以内	3 回以内	無 制 限	京大・計算センター コア 最 大 容 量
	経 路 数	1435	2235	2981	
コ ア 使用量	バスマトリックス	70 K	110 K	146 K	120 K
	アーク列	13 K	20 K	27 K	120 K

(1) バスマトリックス

ただし 1 K = 1024

の改良

4・2 で述べたバスマトリックスは経路とアークの対応を 0-1 行列で表現したが、ここではこの対応をアーク列で表現する。

ある経路 i がアーク j_1, j_2, \dots, j_n をつらねたものであるとき、この経路に対応するアーク列 J^i は次

式で定義される。

$$J^i = (j_1, j_2, \dots, j_n, 0, 0, \dots, 0) \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 3 \cdot 13)$$

たとえば図4・3・2において、ノード1からノードNへのODは、アーク1, 2, 3を通るから $J_1 = (1, 2, 3, 0, 0)$ となる。またノードNからノード1へのODは、 $J_2 = (-3, -2, -1, 0, 0)$ となる。ノード1からノード(N+3)へのOD経路は、道路区間の(1, 2, N+2)又は(1, N, 2N)又は(1, N+1, 2N+1)を通るので、Jはそれぞれ(1, 2, N+2, 0, 0), (1, N, 2N, 0, 0), (1, N+1, 2N+1, 0, 0)となる。なおノードNからノード1のODで、 J_2 は $J_2 = -J_1$ においても通過するアークを知ることができる。従って、このような対になるODの経路は一方からのアーク列さえわかればよい。

先のバスマトリックスの列数は対象道路網の全アーク数であったものが、このアーク列を用いた経路行列では対象道路網内の最長経路のアーク数となる。その結果、6×5道路網では表4・3・2に示すように、全アーク数90からアーク列数は9に減少し、必要な記憶領域(コア使用量)は5分の1以下になる。

(ii) バス利用者バスマトリックスの改良

一般に自家用車は自由な経路を選択できるが、バスを利用する場合は経路はおのずと限定される。従って、バス利用者のバスマトリックスの各行はすべて自家用車利用バスマトリックスに含まれることになる。そこでバス利用者のバスマトリックスのかわりに、以下に定義するバス-自家用車経路対応ベクトルを用いてバス利用者の経路を表現する。

バス利用者の第 r 経路に対応する自家用車利用経路を i とすれば、バス-自家用車経路対応ベクトル M_{rs}^{bp} は次式で示される。

$$M_{rs}^{bp} = i \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 3 \cdot 14)$$

このベクトルを用いると、対象道路網の全アーク数であったバス利用バスマトリックスの列数をただ1つの列数に減ずることが可能となる。

(2) ODトリップのゾーン・ノード変換プロセス

このプロセスではつぎに述べる3つのゾーン間ODトリップを与件とする。

① バス専用利用ODトリップ

バスレーン設置などの施設、施策のいかんにかかわらず、バスを利用するトリップ。

② 自家用車専用利用ODトリップ

施設、施策のいかんにかかわらず、自家用車を利用するトリップ。

なお、モデルではタクシー、ハイヤーは自家用車として取りあつかうこととする。

③ 自由選択ODトリップ

状況に応じて、バス又は自家用車を選択利用するトリップ。

このプロセスはこれら3つのトリップを、4・2のモデルに入力可能なノード間OD表に変換する。変換のフローチャートを図4・3・4に示す。

まず、ゾーン間OD表をノード間OD表に変換するにあたり、4・3・2で述べた前提条件を再掲し、つぎの仮定4-1として示す。

仮定4-1；あるゾーンから発生するトリップはそのゾーン内のどの部分からも一様な密度で発生する。吸引の場合も同様である。

この仮定のもとつぎ、ノード・ゾーン変換係数を以下のように定義する。

1) 中心部ゾーンの場合

各ゾーン内で発生するトリップは発生点に最も近いノードから主要道路を利用する。そこで図4・3・5に示すようにあるゾーンが複数個のノードを含む場合、ノード間の中点を結ぶ線を境界として、ノードの影響圏を定

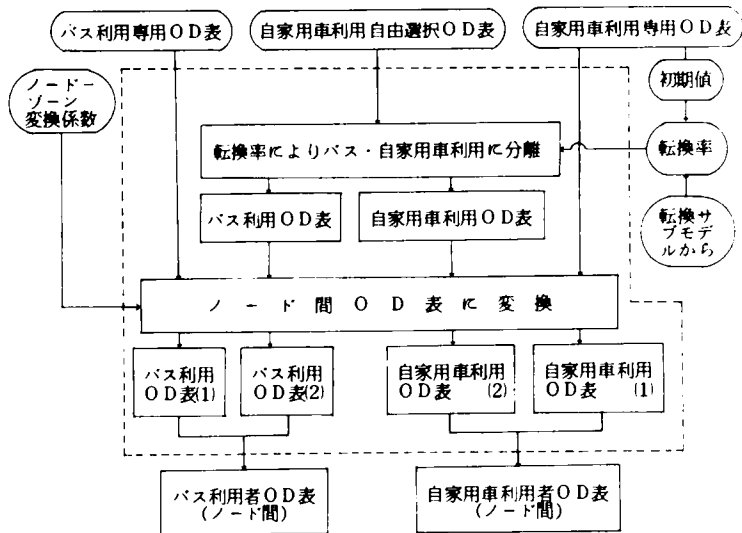


図4・3・4 OD変換プロセスのフロー

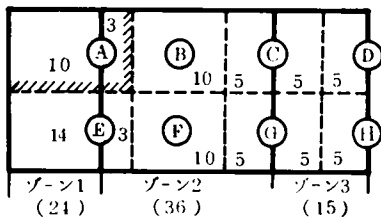


図4・3・5 中心部ゾーンのノードの影響圏

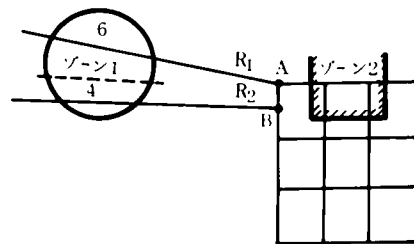


図4・3・6 周辺部ゾーンの影響圏

義する。

ノード I の影響圏面積 s_I^n を用いて、ノード・ゾーン変換係数 G_{In} を次式で定義する。

$$G_{In} = \begin{cases} s_I^n / \sum_{I \in \Gamma_n} s_I^n & ; I \in \Gamma_n \\ 0 & ; I \notin \Gamma_n \end{cases} \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 3 \cdot 15)$$

ここで、 G_{In} ; ノード I ・ ゾーン n 変換係数

s_I^n ; ノード I の影響圏面積

Γ_n ; ゾーン n に含まれるノードの集合

たとえば図4・3・5の場合、ノードAのゾーン1及びゾーン2に対する変換係数はそれぞれ $10/24$ 、 $3/36$ である。

2) 周辺部ゾーンの場合

各周辺部ゾーン内で発生するトリップは発生点に最も近い放射状道路を利用して、格子状道路網へ流入するものと仮定する。

図4・3・6のように、周辺部ゾーン1から道路網内ゾーン2へいく場合、放射状道路 R_1 、 R_2 が利用可能となき、格子状道路網のノードA及びノードBの影響圏を、ゾーン1を通過する放射状道路の影響圏で定義する。このとき、ノード・ゾーン変換係数を次式で示すこととする。

$$G_{I'n'} = \begin{cases} s_{I'}/\sum_{I' \in \Gamma_n'} s_{I'} & ; I' \in \Gamma_n' \\ 0 & ; I' \notin \Gamma_n' \end{cases} \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 3 \cdot 16)$$

ここで、 $G_{I'h'}$; ノード I' ・ゾーン n' 変換係数

$s_{I'}$; ノード I' の影響圏面積

Γ_n' ; ゾーン n' から利用可能な放射状道路の格子状道路網流入点ノードの集合

たとえば図4・3・6の場合、ゾーン1に対するノードAおよびノードBの変換係数は、それぞれ6/10、4/10となる。

なお周辺部から鉄道を利用して格子状道路網内へ流出入する場合、ゾーンごとに流出入ノードが定められ、このノードに対しては $G_{I'h'}$ が1、それ以外のノードに対しては0とする。

$$G_{I'h'} = \begin{cases} 1 & ; I' \in (\text{鉄道の流出入ノード}) \\ 0 & ; I' \notin (\text{鉄道の流出入ノード}) \end{cases} \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 3 \cdot 17)$$

以上に定義されたノード・ゾーン変換係数を用いて、ゾーン $M-N$ 間のバス専用利用トリップ OD_{MN}^{bz} 、自家用車専用利用トリップ OD_{MN}^{cz} 、をそれぞれノード $I-J$ 間ODトリップ $OD_{IJ}^{bN(1)}$ 、 $OD_{IJ}^{cN(1)}$ に変換する式をつぎに示す。

$$\left. \begin{aligned} OD_{IJ}^{bN(1)} &= \sum_M \sum_N (OD_{MN}^{bz} \cdot G_{IM} \cdot G_{JN}) \\ OD_{IJ}^{cN(1)} &= \sum_M \sum_N (OD_{MN}^{cz} \cdot G_{IM} \cdot G_{JN}) \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 3 \cdot 18)$$

ここで、 $OD_{IJ}^{bN(1)}$; ノード $I-J$ 間のバス専用利用トリップ数

$OD_{IJ}^{cN(1)}$; ノード $I-J$ 間の自家用車専用利用トリップ数

OD_{MN}^{bz} ; ゾーン $M-N$ 間のバス専用利用トリップ数

OD_{MN}^{cz} ; ゾーン $M-N$ 間の自家用車専用利用トリップ数

G_{IM} ; ゾーン M ・ノード I 変換係数

G_{JN} ; ゾーン N ・ノード J 変換係数

同様にしてゾーン間自由選択OD表をノード相互間、ノード・周辺部ゾーン間OD表に分離する式をつぎに示す。

$$\left. \begin{aligned} OD_{IJ}^{fNN} &= \sum_m \sum_n (OD_{mn}^{fz} \cdot G_{Im} \cdot G_{Jn}) \\ OD_{m'J}^{fN} &= \sum_n (OD_{m'n}^{fz} \cdot G_{JN}) \\ OD_{In'}^{fNz} &= \sum_m (OD_{mn'}^{fz} \cdot G_{Im}) \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 3 \cdot 19)$$

ここで、 OD_{IJ}^{fNN} ; 自由選択、ノード $I-J$ 間トリップ数

$OD_{m'J}^{fN}$; 自由選択、周辺部ゾーン m' - ノード J 間トリップ数

$OD_{In'}^{fNz}$; 自由選択、ノード I - 周辺部ゾーン n' 間トリップ数

OD_{mn}^{fz} ; 自由選択、ゾーン $m-n$ 間トリップ数

(m' , n' ; 周辺部ゾーンを示す)

式(4・3・19)で算定されるOD表に、個々のODについて算定されるのちに述べる転換率を適用し、自由選択トリップをバス利用に転換するトリップと引きつづき自家用車を利用するトリップに分離する。

式(4・3・19)に示される3つのノード間トリップをバス利用と自家用車利用のノード間トリップに変換する式をつぎに示す。

$$\left. \begin{aligned} OD_{IJ}^{bN(2)} &= R_{IJ}^{NN} \cdot OD_{IJ}^{fNN} + \sum_m (R_{mJ}^{zN} \cdot OD_{mJ}^{fzN} \cdot G_{Jm'}) + \sum_{n'} (R_{In'}^{zN} \cdot OD_{In'}^{fzN} \cdot G_{In'}) \\ OD_{IJ}^{cN(2)} &= R_{IJ}^{NN} \cdot OD_{IJ}^{fNN} + \sum_m (R_{mJ}^{zN} \cdot OD_{mJ}^{fzN} \cdot G_{Jm'}) + \sum_{n'} (R_{In'}^{zN} \cdot OD_{In'}^{fzN} \cdot G_{In'}) \end{aligned} \right\} \dots (4 \cdot 3 \cdot 20)$$

ここで、 $OD_{IJ}^{bN(2)}$; ノードI-J間、自由選択のうちバス利用のトリップ数

$OD_{IJ}^{cN(2)}$; ノードI-J間、自由選択のうち自家用車利用のトリップ数

R_{IJ}^{NN} ; ノードI-J間トリップの転換率

R_{mJ}^{zN} ; 周辺部ゾーンm'-ノードJ間トリップの転換率

$R_{In'}^{zN}$; ノードI-周辺部ゾーンn'間トリップの転換率

ただし、

$$\left. \begin{aligned} R_{IJ}^{fNN} &= 1 - R_{IJ}^{NN} \\ R_{IJ}^{fzN} &= 1 - R_{mJ}^{zN} \\ R_{In'}^{fzN} &= 1 - R_{In'}^{zN} \end{aligned} \right\} \dots (4 \cdot 3 \cdot 20)'$$

式(4・3・18)のバス専用利用トリップ数及び自家用車専用利用トリップ数と、式(4・3・20)の自由選択トリップのうちのバス利用トリップ数及び自家用車利用トリップ数をそれぞれ加えて、ノード間のバス利用トリップ数及び自家用車利用トリップ数が定まる。この関係を次式に示す。

$$\left. \begin{aligned} OD_{IJ}^{bN} &= OD_{IJ}^{bN(1)} + OD_{IJ}^{bN(2)} \\ OD_{IJ}^{cN} &= OD_{IJ}^{cN(1)} + OD_{IJ}^{cN(2)} \end{aligned} \right\} \dots (4 \cdot 3 \cdot 21)$$

ここで、 OD_{IJ}^{bN} ; ノードI-J間バス利用トリップ数

OD_{IJ}^{cN} ; ノードI-J間自家用車利用トリップ数

自家用車1台あたり平均乗車人員を一定値 n_c と仮定すれば、自家用車利用トリップ数(人数)は自家用車トリップ C_{IJ} (台)に変換され、次式で示される。

$$C_{IJ} = OD_{IJ}^{cN} / n_c \dots (4 \cdot 3 \cdot 22)$$

ここで、 C_{IJ} ; ノードI-J間自家用車トリップ

n_c ; 自家用車1台あたり平均乗車人員

ノードI-J間のODに対して、図4・3・7に示されるように、 h を与えることとすれば、第 h ODのバス利用トリップ B_h 、自家用車トリップ C_h はそれぞれ次式で示される。

$$B_h = OD_{IJ}^{bN}, \quad C_h = C_{IJ} \dots (4 \cdot 3 \cdot 23)$$

ここで、

D \ O	ノード番号 J						
	1	2	3	...	...	...	36
1				...	...	...	35
2	631			...	...	...	69
3	632	666					...
...					
...					
I 36	665	699					630

図4・3・7 O D対とOD番号 h

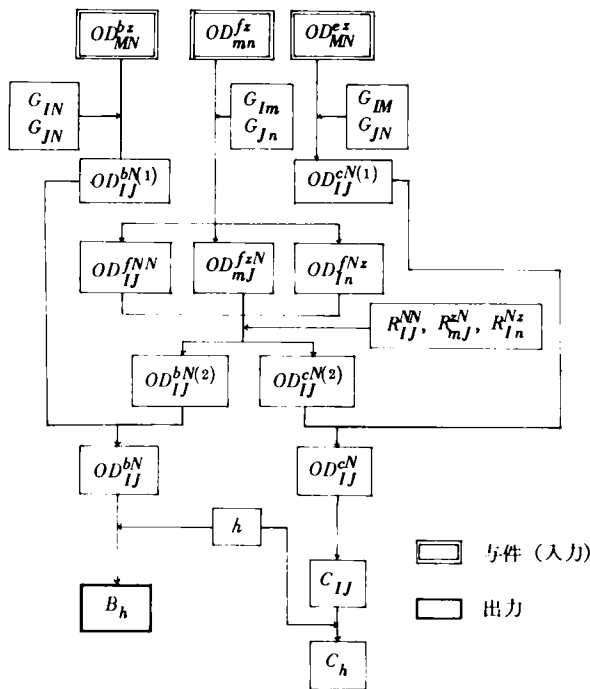


図4・3・8 ゾーン・ノード変換プロセスのブロックチャート

られる。ただし乗りかえをする必要がある場合、乗りかえ後に利用するバスシステムの運行頻度をも考慮に入れると考えられる。従って、モデルでのバス利用者の系統選択、すなわち経路選択は以下のように行なわれるものとする。

(i) 直通系統がある場合、直通路線のみを利用する。

(ii) 2本以上の経路が利用可能な場合、各経路を選択する割合はそれぞれの経路を利用するときの待ち時間に反比例するものとし、次式で示す。

$$RB_r^h = \frac{1/TW_r}{\sum_{r \in I_h} (1/TW_r)} \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 3 \cdot 26)$$

ここで、 RB_r^h ; OD番号 h の OD の第 r 経路選択率

TW_r ; 第 r 経路の待ち時間

I_h ; OD h のバス利用経路の集合

$$h = \begin{cases} 35I - 36 - I(I-1)/2 + J; & I < J \\ 35J - 36 - J(J-1)/2 + I & ; I < J \end{cases} + 630 \quad \dots\dots (4 \cdot 3 \cdot 24)$$

以上の定式化に用いた数式、記号でこのプロセスのフローを表現し、図4・3・8に示す。

(3) バス利用者の経路選択率の算定

バス利用者の経路選択率、すなわち出発地でのバス系統利用率は、乗りかえ後も含めた待ち時間に反比例すると仮定する。そこでまず待ち時間の定式化をつぎに述べる。

1) 待ち時間の算定

一般に運転頻度の高い路線のバス停への乗客の到達はポアソン分布で近似できることが知られている。¹⁵⁾ この場合、バスが等間隔でバス停に到着すると仮定すれば、乗客の平均待ち時間はバスの運転間隔の2分の1となる。¹⁶⁾ この関係を次式に示す。

$$TW_r = \sum_{l \in Q_r} \left(\frac{60}{E_l} \cdot \frac{1}{2} \right) \quad \dots\dots (4 \cdot 3 \cdot 25)$$

ここで、

TW_r ; バス利用経路 r の待ち時間(分)

E_l ; 第 l 系統バスの運行本数(台/時)

Q_r ; バス利用経路 r で利用するバス系統の集合。

2) 利用者の経路選択率の算定

あるODについて、利用可能な系統が2本以上ある場合、各系統の運行所要時間に大差がなければ、利用者はトリップ始点のバス停で最初に到着するバスに乗ると考える。

(4) 転換率算定プロセス

バスレーンの設置によって自家用車とバスのサービスの水準が変化すれば、自家用車利用者の一部がバス利用に転換すると考えられる。その割合を算定し、レーン設置後のゾーン間OD表を求めるのが転換率算定プロセスの目的である。

転換の対象となるのは、現在は自家用車を利用しているけれども、条件さえとればバス利用に転換する意志のあるトリップである。そこで各ODのうち自由選択トリップの中で自家用車を利用しているもののうち、バスレーン設置によりバスに転換する割合、すなわち転換率を以下のように定式化する。

1) 転換率モデルの定式化

一般に転換率を説明するには、時間差や時間比を説明変数にとる。¹⁷⁾本モデルでは、バス及び自家用車利用のそれぞれの所要時間を用いて、これらの時間比を説明変数とし転換率を説明する。

① ODペアごとの時間比の算定

本モデルでは、バスレーン網設置の影響を試算するのは格子状道路網内についてのみである。しかし、転換率の算定に用いる時間比はトリップの全行程の所要時間の比を用いるのが適当であると考えられる。格子状道路網内でのバスの所要時間が短縮されても、遠方の周辺部ゾーン・中心部ゾーン間の長距離トリップに対する影響は、中心部ゾーン相互間の短距離トリップに対するそれよりも小さいと考えられる。そこでつぎの仮定4-2を設ける。

仮定4-2

放射状道路上の各点から格子状道路網への流入点までのバス及び自家用車の所要時間は所与であり、これらは格子状道路網内のレーン設置によって変化しない。

(i) 周辺部ゾーン・中心部ゾーン内ノード間トリップの時間比

仮定4-2より、周辺部ゾーン n からそのゾーン発着のトリップが利用する放射状道路網の格子状道路網への流入点 I_n までの、バス及び自家用車を利用した場合のそれぞれの所要時間 $T_{nI_n}^{b0}$ 、 $T_{nI_n}^{c0}$ 、は所与であるとする。従って、周辺部ゾーン n からノード J までのトリップの時間比は次式で示される。

$$TB_{nJ}^{zN} = \frac{T_{nI_n}^{c0} + T_{I_nJ}^{bI}}{T_{nI_n}^{c0} + T_{I_nJ}^{cI}} \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 3 \cdot 27)$$

ここで、

$$T_{I_nJ}^{bI} = \min_{j \in \phi_{I_nJ}^b} \{T_j^b\}, \quad T_{I_nJ}^{cI} = \min_{j \in \phi_{I_nJ}^c} \{T_j^c\} \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 3 \cdot 28)$$

TR_{nJ}^{zN} ; ゾーン n ・ノード J 間のトリップの時間比

$\phi_{I_nJ}^b$; ノード I_n ・ノード J 間のバス利用経路の集合

$\phi_{I_nJ}^c$; ノード I_n ・ノード J 間の自家用車利用経路の集合

同様に、ノード J から周辺部ゾーン n までの時間比は次式で示される。

$$TR_{Jn}^{Nz} = \frac{T_{nI_n}^{b0} + T_{JI_n}^{bI}}{T_{nI_n}^{c0} + T_{JI_n}^{cI}} \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 3 \cdot 29)$$

(ii) 中心部ゾーン内ノード相互間トリップの時間比

1) と同様に中心部ゾーン内ノード相互間のトリップの時間比は次式で示される。

$$TR_{IJ}^{NN} = T_{IJ}^{bI} / T_{IJ}^{cI} \quad \dots\dots\dots (4 \cdot 3 \cdot 30)$$

② 転換率の定式化

バスレーン設置により時間比は減少すると考えられる。本モデルでは時間比の減少分と転換率との間には比例関係が成立するものと仮定し、転換率を次式で示す。

$$R_{nJ}^{zN} = \alpha \cdot \Delta TR_{nJ}^{zN}$$

$$R_{In}^{zN} = \alpha \cdot \Delta TR_{In}^{zN}$$

$$R_{IJ}^{NN} = \alpha \cdot \Delta TR_{IJ}^{NN}$$

…… (4・3・31)

ここに、

ΔTR ; 時間比の減少分

α ; 定数

R ; 転換率

(サフィックス)

n ; ゾーン

I, J ; ノード

z ; 周辺部ゾーン

N ; 中心部ゾーン

以上の定式化に用いた記号の一覧を表4・3・2に示す。

表4・3・2 記号の一覧

記 号	意 味
Γ_n	ゾーン N に含まれるノードの集合
Γ_r	周辺部ゾーン r から利用可能な放射状道路の流入点の集合
Φ_{IJ}	ノード I とノード J 間のバス利用経路の集合
G_{In}	ノード・ゾーン変換係数
S_i	ノード i の影響圏面積
OD^{b*}	バス利用トリップ数 (人)
OD^{c*}	自家用車利用トリップ数 (人)
OD^{f*}	自由選択トリップ数 (人)
OD^{z*}	ゾーン間トリップ (人)
OD^{*N}	ノード間トリップ (人)
C_{IJ}	自家用車トリップ数 (台)
R	転 換 率
TR	時 間 比
ΔTR	時間比の減少分
TW_r	バス利用経路 r の待ち時間 (分)

4・4 ある街路網における試算例とその考察^{2), 18) ~ 20)}

4・4・1 概 説

ここでは4・3で改良したモデルを用いて、京都市を想定した街路網上でのバスレーン網設置効果の試算を行う。

まず4・4・2では、対象とする京都市の街路網、交通機関などの概要を述べる。つきに4・4・3では、モデルに入力する道路網・ノード数・ノード間距離、ODトリップ数、自家用車利用経路、バス路線の系統設定、バスレーン網などについて述べる。そしてモデルを京都市に適用する場合の問題点、たとえば主要街路の自動車通過交通量の取り扱い、格子状街路網周辺部の交通量の取り扱い、などに対する解決策について述べる。

4・4・4ではバスレーン設置のない場合に、等時間原則配分にもとづく分割配分における分割数について、道路区間交通量の実績値とモデルから得られる値を比較し、交通量配分の検討を行なう。

4・4・5ではバスレーン網設置案のケース設定について述べる。バスレーン網を街路に設定する場合、それぞれの街路交通量の状態によって専用レーンの採否を判断する。その判断の基準としてつぎの3つの設定方法にもとづいて20個のケースを設定する。

- ①一般車交通量に上限、バス通過台数に下限をそれぞれ設ける方法
- ②一般車交通量に上限、バス通過乗客数に下限をそれぞれ設ける方法
- ③ある区域内のすべての街路に設ける方法

最後に4・4・6では、4・4・5で設定する20個のバスレーン網設置案各ケースの試算を行ない、都市全体の輸送に関する指標、たとえば総輸送人時間、総走行距離、輸送人キロ、バス必要台数、機関別利用者数、全トリップの平均速度、バス輸送効率などに及ぼすバスレーン設置の効果について考察する。

4・4・2 対象都市の概要

本節では、4・3で提案したシミュレーションモデルを適用する京都市の概要にふれる。

京都市は人口142万人（昭和45年現在）を擁する都市である。京都市内の主要街路は、ほぼ格子状になっており、市内の交通は格子状にはりめぐらされた路面電車及びバス路線による交通網によって分担されていたが、昭和30年代後半にはいって自動車交通が爆発的に増大し、都市部における交通混雑、交通渋滞やバス運行が不正確になるなどの交通問題が深刻化した。路面電車やバス以外の、現在の大量輸送機関である鉄道には、国鉄の東海道本線・山陰本線、阪急電鉄の京都線・嵐山線、京阪電鉄の本線・宇治線・大津線、近鉄の奈良線、京福電鉄の叡山線・鞍馬線・嵐山線・北野線などがある。市内の旅客輸送は上記各線及び路面電車、路線バス、タクシー、自家用車などによって分担されている。しかし、鉄道の各線は市周辺部に対しておおむね放射状になっているが、都市中心部へ直通する路線が阪急京都線と京阪本線に限定され、また都市貫通の路線がないため都市内交通の有用な手段となっていない。つまり各線の終着駅あるいは主要駅は単なる市内外からの交通の発生吸収の拠点になっている。そのため、このようなターミナルから目的地へいくためには、市内における大量輸送機関としての路面電車、路線バスに頼らざるを得ない状態となっている。この意味から、バスなどの公共交通機関の効率的運用の必要性が感じられる。そして、ここにバスレーンなどによる運行改善を行なう根拠がある。

4・4・3 モデルへの入力データ

ここでは、モデルへ入力するデータと、4・3で述べたシミュレーションモデルを京都市に適用する場合の問題点及び解決法について述べる。

(1) モデルに入力するデータ

モデルには、道路網のノード数とノード間の区間距離、O・Dトリップ数、自家用車利用経路、バス路線、バスレーン網などが必要である。以下にこれらについて説明する。なおバスレーン網については、4・4・5の試算ケースの設定のところで述べる。

(a) 対象道路網

京都市の主要街路網の中で、本モデルの対象とする街路網を図4・4・1に、この街路網をモデル化した格子状街路網を図4・4・2に示す。また各ノード間の区間距離と道路の車線数を図4・4・3に、この道路網におけるアーク番号を図4・4・4に示されるように与える。

なお市内へ接続する道路（国道1号、9号、24号）などを放射状道路とする。

(b) O・D表

昭和44年に京都市で実施されたパーソントリップ調査にもとづくO・D表を、モデルに入力可能な形に変換して入力する。なおO・D表の変換に関しては本節の(3)で述べる。

(c) 自家用車利用経路

モデルには自家用車利用経路を、通過するアーク列からなるバスマトリックスの形で入力するが、経路は以下の



図4・4・1 京都市主要道路網と対象道路網

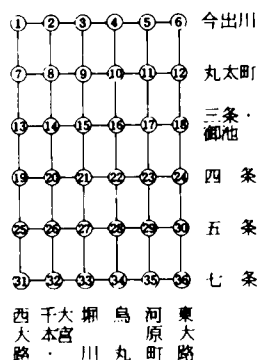


図4.4.2 モデル化した道路網

(その1) 区間距離 (m)

710	830	830	840	930	
1540	1540	1570	990	970	1090
800	830	820	770	1240	
350	310	320	860	880	810
800	830	800	730	1380	
620	670	730	740	700	730
750	830	780	740	1340	
450	620	730	850	900	900
800	910	840	720	1310	
960	950	900	850	850	880
640	860	930	620	1320	

(その2) 車線数

2	2	2	2	2	2	2
3	2	2	2.3	2	4	2
2	2	2	2	2	2	2
3	3	3.2	3	2	2	2
1	2	4	4	4	2	2
3	2	3	3	2	2	2
2	2	2	2	2	2	2
3	2	3	3	2	2	2
2	2	4	4	4	4	2
3	2	3	3	2	2	2
2	2	2	2	2	2	2

図4.4.3 区間距離と車線数

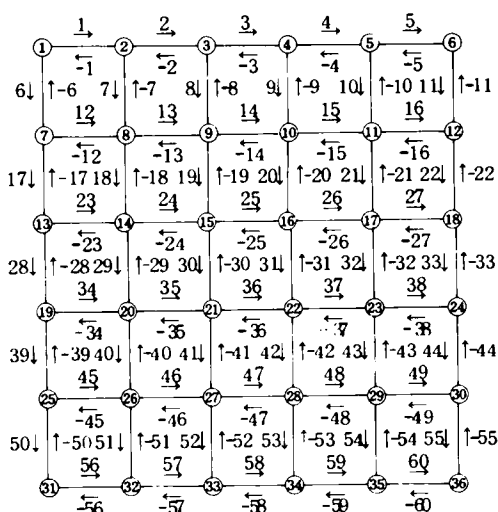


図4.4.4 道路網とアーク番号

表4.4.1 右左折回数の調査結果 (累積割合%)

実績 max	1	2	3	4	データ数
1	100	-	-	-	27
2	66	100	-	-	344
3	53	84	100	-	55
4	39	74	94	100	275
5	36	77	90	100	31
6	30	57	77	97	90
7	27	47	87	93	15
8	11	39	86	100	28
9	33	33	33	33	3

max : 可能最大右左折回数

アンケート回答数 2,213

経路記入数 1,433

右左折経路数 873

ように選定した。

格子状街路網の場合、あるODに対する最短距離経路は非常に多く存在することがある。たとえば図4.4.2のノード1からノード36へのOD最短距離経路は252通りある。しかし、実際に自家用車の運転者が

経路を選択する時、これだけ多くの経路を考慮しているとは考えられず、また複雑に右左折をくり返す経路は選択しないと考えられる。これには右左折による損失時間や煩雑さが考慮されているからであろうと思われる。

表4.4.1は京都市内の自家用車運転者に対するアンケート調査²¹⁾をもとにOD最短距離経路の中で実際に右左折した回数と、最も多く右左折する経路の右左折回数との関係を示したものである。この表をみると、右左折回数を4回以下としても、実際にとられる経路の大部分を含むことがわかる。なおこの表中、最大右左折可能回数9の項はデータ数が3と少ないので意味がないと考えられる。そこで自家用車運転者によって選択さ

れる経路は、最短距離経路で、かつ右左折回数が4回以下の経路であると仮定する。ちなみに、ノード1からノード36へのOD経路はこのとき90となる。

図4・4・2の6×6ノードの街路網では、上の仮定にもとづく経路数は5,080本×2=10,160本となる。なおODの一方方向の経路がわかれば、反対方向の経路は自然に判明するため、実際には5,080本の経路がわかっているといえよ。この経路の一例を図4・4・5に示す。図4・4・5では、ノード⑥から⑦への経路はノード⑦から⑥への経路で示せることがわかる。

(a) ノード⑦→ノード⑥の経路のアーケ列

$$j_1 = (-6, 1, 2, 3, 4, 5, 0, 0, 0, 0)$$

$$j_2 = (12, -7, 2, 3, 4, 5, 0, 0, 0, 0)$$

$$j_3 = (12, 13, -8, 3, 4, 5, 0, 0, 0, 0)$$

$$j_4 = (12, 13, 14, -9, 4, 5, 0, 0, 0, 0)$$

$$j_5 = (12, 13, 14, 15, -10, 5, 0, 0, 0, 0)$$

$$j_6 = (12, 13, 14, 15, 16, -11, 0, 0, 0, 0)$$

(b) ノード⑥→ノード⑦の経路のアーケ列

$$j'_1 = (6, -1, -2, -3, -4, -5, 0, 0, 0, 0)$$

$$j'_2 = (-12, 7, -2, -3, -4, -5, 0, 0, 0, 0)$$

$$j'_3 = (-12, -13, 8, -3, -4, -5, 0, 0, 0, 0)$$

$$j'_4 = (-12, -13, -14, 9, -4, -5, 0, 0, 0, 0)$$

$$j'_5 = (-12, -13, -14, -15, 10, -5, 0, 0, 0, 0)$$

$$j'_6 = (-12, -13, -14, -15, -16, 11, 0, 0, 0, 0)$$

図4・4・5 図4・4・4の経路とそのアーケ列の一例

(d) バス路線

京都市では路面電車も路線バスと同様に都市内における旅客輸送を担っている。モデルでは路面電車も路線バスと同じ性格の輸送機関と考え、実際の路面電車、路線バスの系統の中から、以下に述べる基準を満足するものをモデルでのバス系統とする。

1) 午前7時から9時までの2時間の乗客数(上下各方向のうち多い方)が1,500人以上の系統

2) 路線中の大部分を共有し、末端部において分岐するような同種路線の乗客数を合計すると、1)の基準を満足する系統

3) 市電の路線

以上3つの基準に従う路線を選定し、表4・4・2及び図4・4・6に示す。

(e) その他のデータ

バス1台の乗車定員は75人、²²⁾ 自家用車1台あたりの平均乗車人員は1.56人/台²³⁾と仮定する。モデルに用いるQ-V式の係数を表4・4・3に示す。

(2) 京都市に適用する場合の問題点と解決策

試算の対象とする京都市はモデルの前提条件を完全に満足しているわけではない。このためモデル

表4・4・2 バス系統一覧表

路線	区	間	基準	備考
1	堀川今出川	京都駅	(1)	現行⑨
2	河原町今出川	"	(2)	" ④ ⑬
3	西大路四条	"	(1)	" ②⑤
4	烏丸今出川	"	(1)	" ② 他
5	東山三条	"	(1)	" ⑤
6	百万円	"	(3)	市電②
7	西大路四条	百万円	(1)	現行③
8	白梅町	三条河原町	(1)	" ⑬
9	千本今出川→右まわり→千本今出川	"	(1)	" ⑩⑪
10	七条大宮	東山七条	(1)	" ⑩⑪
11	西大路七条	東山七条	(3)	" ⑧
12	西大路七条→今出川→東山七条	"	(3)	" ②⑤
13	西大路四条	熊野神社	(3)	" ② ⑬
14	西大路七条	三条河原町	(4)	"
15	白梅町	"	(2)	現行⑬ 京都バス
16	千本今出川	"	(1)	" ⑥⑨
17	四条河原町	東山五条	(2)	" ③⑨ ⑭

(注) 昭和50年3月現在

ルをそのまま適用すると、現状を反映しない結果の出る危険性があると考えられる。そこで以下にモデルを京

都市に適用する時の問題点とその解決策について述べる。

(a) 通過交通の取りあつかい

モデルではパーソントリップ調査にもとづくOD表をデータとして使用する。しかしパーソントリップ調査において、調査対象地域内に住所を持たない者の交通に関する資料は直接に得られない。たとえば対象道路網内における五条通（国道1・9号線）、堀川通（五条以南の国道1号線）では、交通量のうちのパーソントリップ調査の対象とならない遠距離通過交通が高い割合を占めると考えられる。そこで全国道路交通情勢調査を参考にして、上に述べる区間については1時間あたり1500台の交通量を通過交通として与える。

(b) 格子状街路網周辺部の交通量の取りあつかい

試算を行なう場合、電子計算機の記憶容量の制約のために実際の京都市の主要街路のすべてを対象とすることはできない。モデルでは4・3・2で述べたように、対象都市の主要道路は格子状街路網からなるものと仮定したが、本節で対象とする格子状街路網の外周には、たとえば北大路通、白川通などの放射状道路相互間を結ぶ道路が存在する。従って実際には、これらの連絡道路を利用するトリップは、モデル内では格子状街路網外周部の道路を利用することになる。

たとえば、図4・4・7のA点とB点間のトリップは図中破線で示した北大路通を経由する経路をとると考えられるが、モデルでは図中の実線で示した今出川通経由の経路をとるとみなされ、このトリップはノード②、④間のトリップとしてあつかわれる。このため、格子状街路網外周部のノード相互間のトリップを過大評価する欠点がある。

そこで4・3・4で定義した影響圏の考え方をを用いて、外周部のノード相互間のトリップの一部を対象トリップ

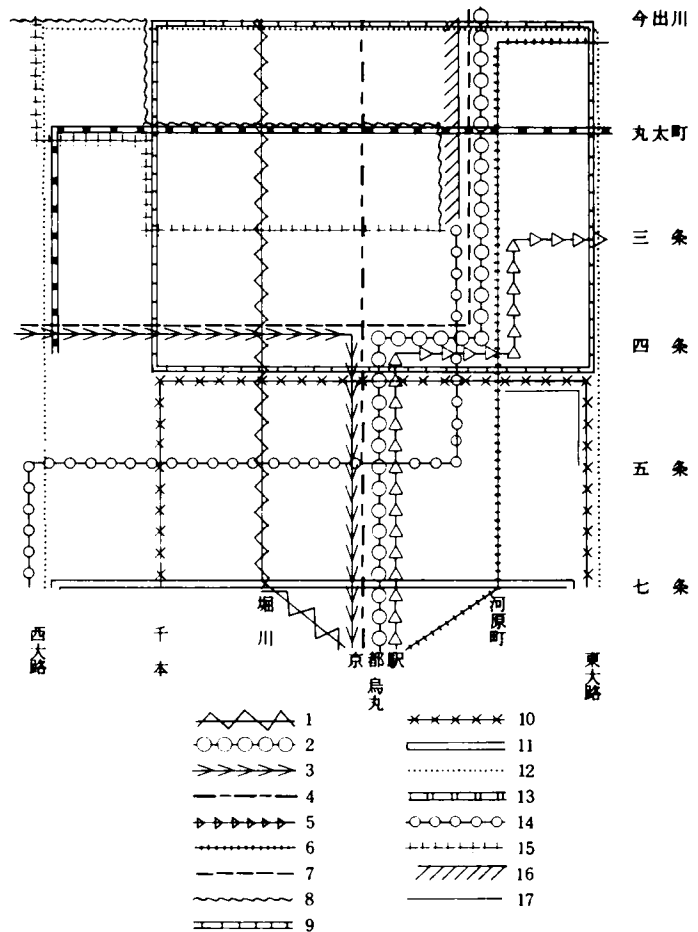


図4・4・6 バス系統図

表4・4・3 Q-V係数

	レーンの状態	a	b
自家用車	混 合	-0.557334	965.199
	専 用	-0.857660	953.199
バ ス	混 合	-0.017667	237.299
	専 用	0.0	395.0

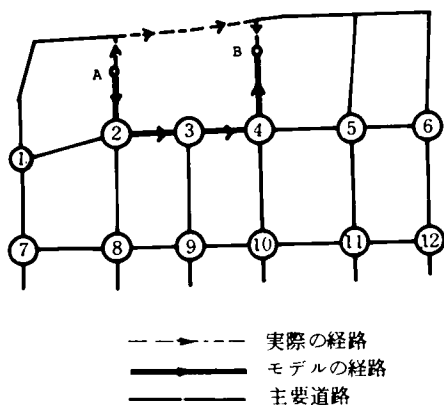


図4.4.7 周辺部トリップの経路

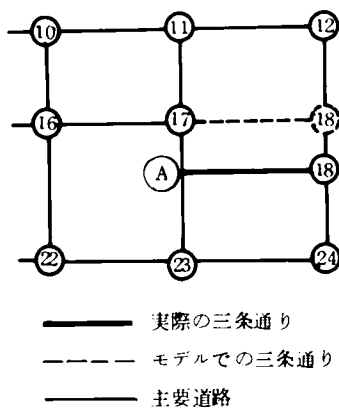


図4.4.8 三条通りの補正

から除外する。この除外するトリップの全トリップに対する割合を表4.4.4に示す。

表4.4.4 周辺部トリップの補正割合

通り名	今出川通り	東大路通り	西大路通り
ノード	1, 2, 3, 4, 5, 6	6, 12, 18	1, 7, 13, 19, 21, 32
除外トリップ割合	0.333	0.500	0.375

(c) 御池・三条通の位置補正

試算対象の街路網の中で御池・三条通は実際には一直線になっていない。これを図4.4.8に示すように忠実にモデル化すると以下に述べる問題点を生じる。

たとえば、⑪—A—⑬の距離をノード⑪…⑬の距離とおくと、⑬から⑭へのトリップの距離が実際の⑬—A—⑭の距離よりも大きくなる。また、⑪—A—⑬の距離を⑪…⑬の距離とおくと、⑪—A—⑬のトリップの距離が⑪—Aの距離の分だけ短くなる。従って、モデルによる経路配分を行なうとき、前者の場合⑬から⑭のトリップの大部分が⑭経由の経路をとると考えられ、後者の場合⑪から⑬へのトリップの大部分が⑪経由の経路をとると考えられ、実際の交通状態と異なるおそれがある。そこで、三条通（東大路・河原町間及び千本・西大路間）を現実より北に移動させて、図4.4.2に示す街路網形態としてモデルでは処理する。

(3) OD表の変換

モデルにインプットするOD交通量は、昭和44年に京都市で実施されたパーソントリップ調査にもとづいて目的単位に集計された、目的・手段別OD表である。このパーソントリップ調査のゾーン図を図4.4.9に示す。また対象としたOD表の種類と、各ODの総トリップ数を表4.4.5に示す。表4.4.5をみるとわかるように、通学目的のタクシー

表4.4.5 対象OD表と総トリップ数

	通勤	通学
鉄道	179,226	72,256
市電, 市バス	188,445	100,700
タクシー, ハイヤー	10,148	(620)
自家用車	109,799	5,512
貨物車	18,460	(548)

表4.4.6 午前7時～9時のトリップの全トリップに対する割合

通勤	通学
79.8	87.7

・ハイヤー利用のトリップ及び貨物車利用トリップ数が少ないので、モデルでは無視する。これらのOD表を以下に述べるように変換した。

(a) 通勤時間帯

1時間あたり

OD表への変換
 トリップの時間帯
 別分布は各目的ごと
 に一定であると仮定
 し、通勤及び通学目
 的のそれぞれの終日
 全トリップに対する
 午前7時から9時ま
 での2時間のトリッ
 プ数の割合を表4・4
 ・6に示す。この表
 4・4・6に示す数値を
 通勤・通学目的のそ
 れぞれのOD表に乗
 じて、さらにこれら
 を2等分して、通勤
 時間帯1時間あたり
 のOD表とする。

(b) 鉄道利用トリ
 ップの取りあつ
 かい

与えられるOD表
 は目的単位OD表で
 ある。この集計方法
 は、混合トリップ
 (2つ以上の交通手
 段を用いるトリップ)
 の場合、代表交通手
 段でそのトリップの

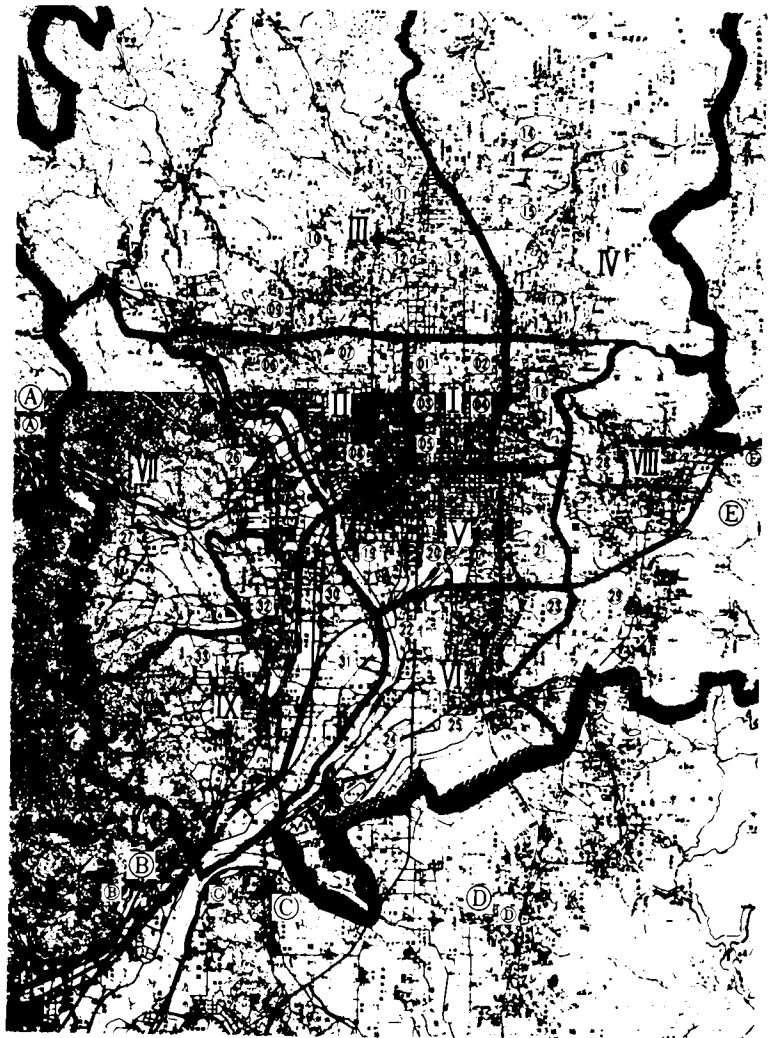


図4・4・9 昭和44年度京都市圏交通計画調査城内ゾーン図

利用交通機関を代表させている。このため、実際にはある交通手段を利用しながら、OD表には計上されないトリップも存在することになる。

京阪神都市圏パーソントリップ調査で、このようなトリップを集計したのが表4・4・7である。この表をみると、バス利用トリップは現実にバスを利用したトリップ数の57.5%しかOD表には計上されていないことがわかる。これはバスが鉄道へのアクセス手段という性格を持っているためと考えられる。

ここで特に問題となるのは、鉄道と他の交通機関とを利用するトリップである。各目的について鉄道を利用するトリップの利用機関数を集計したのが表4・4・8である。この表から利用機関数は2つまで考えればよいことがわかる。端末交通手段の推定は個々のゾーンペアごとに行なうのが望ましいと考えられるが、それに必要なデータが得られない。そこで今回の試算では鉄道利用トリップを対象地域全体としてつきのよう処理する。

- 1) 表4・4・8に示した数値を用いて、1機関利用すなわち鉄道利用だけで完結するトリップを除く。
- 2) 残りのトリップは2機関利用とし、その端末交通手段はバス及びタクシー・ハイヤー(モデルでは家用車としてあつかわれる)とし、その割合は前者95%、後者5%とする。

表 4・4・7 利用交通機関別トリップ数の代表交通手段で表わされるトリップ数

	鉄 道	バ ス	乗 用 車	貨 物 車	タ ク シ ー	二 輪 車	そ の 他
交 通 機 関 利 用 トリップ数 (A)	6,962,505	3,944,093	4,080,911	3,112,491	677,718	3,666,777	123,842
代 表 交 通 手 段 別 トリップ数 (B)	6,962,505	2,266,442	3,903,837	3,093,510	512,799	3,416,642	111,759
(A) - (B)	0	1,677,651	177,074	18,981	164,919	250,135	12,083
(B) / (A) (%)	100.0	57.5	95.7	99.4	75.7	93.2	90.2

つぎに、ゾーンペアごとに鉄道から乗降するターミナル（街路網内のノード）を決め、これを表 4・4・9 に示す。この表を用いて、ゾーン間 O D 表を実際に路面交通を利用する部分であるゾーン・ノード（ターミナル）間 O D 表に変換する。ただし、京都市では中心部ゾーン相互間の鉄道と路面交通を組み合わせるトリップは少ないと考え、このトリップは無視する。

(a)、(b)に述べた変換を行なうことによって、表 4・4・4 に

示した O D 表は、バス利用 O D 表、タクシー・ハイヤー利用 O D 表、自家用車利用 O D 表、貨物車利用 O D 表に再編成される。

(c) 自由選択トリップ、専用トリップの分離

京都市で自家用車を現在利用している人に対して、バスへの利用転換の意志を調査した結果を表 4・4・10 に示す。この表によれば、約 2 割の人は自家用車利用をやめる意志が全くないことがわかる。この表を参考にし、自家用車利用者の 2 割を専用トリップ、8 割を自由選択トリップと呼ぶことにする。また、貨物車利用者はすべて専用トリップ、タクシー・ハイヤー利用者はすべて自由選択トリップとする。

(c)の変換を行なうことにより、与えられた O D 表はバス専用利用トリップ O D 表、自家用車専用利用トリップ O D 表、自由選択トリップ O D 表に分離され、シミュレーションモデルに入力可能になる。なおモデルではタクシー・ハイヤー、貨物車はすべて自家用車としてあつかる。

表 4・4・8 鉄道利用トリップの
利用機関数の割合

		1 機 関	2 機 関	3 機 関
通 勤	%	80.9	18.3	0.8
	累加	80.9	99.2	100.0
通 学	%	78.8	20.5	0.7
	累加	78.8	99.3	100.0

表4・4・9 ゾーン間ターミナル一覧表

s \ c	2	5	6	9	11	12	13	14	15	16	18	19
1	1	1	1	1	20	20	20	20	20	20	20	20
3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
10	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
17	20	20	22	23	20	20	22	22	22	23	20	22
20	20	20	22	23	20	20	22	22	22	23	20	22
21	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
22	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
23	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
24	17	17	17	17	23	23	23	23	23	18	36	36
25	17	17	17	17	23	23	23	23	24	18	34	34
26	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
27	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
28	17	17	17	17	23	23	23	23	25	17	36	36
29	17	17	17	17	23	23	23	23	25	17	36	36
30	17	17	17	17	23	23	23	23	25	17	36	36
31	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
32	20	20	22	25	20	20	22	20	22	25	20	22
33	20	20	22	25	20	20	22	20	22	25	20	22
34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
35	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
36	17	17	17	18	23	23	23	23	23	18	34	34
37	17	17	17	17	23	23	23	25	25	18	36	36
38	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
39	17	17	17	17	25	25	25	25	25	18	36	36
40	20	20	23	17	20	23	17	22	23	23	34	34
41	20	20	23	17	20	23	17	22	23	23	34	34
42	20	20	23	17	20	23	17	22	23	23	34	34
43	20	20	23	17	20	23	17	22	23	23	34	34
44	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14

C : 中心部ゾーン

S : 周辺部ゾーン

表4・4・10 バスサービス改善によるマイカー利用者のバスへの転換意志

絶対にやめない	18.9%
バスが便利になると思うのでやめる	12.5
バスだけ便利になっても他の交通機関が改善されないとだめ	16.8
他にもやめられない理由がある	18.6
使用回数はへらすかもしれない	23.4
わからない	9.8

4・4・4 分割数と配分交通量に関する検討

本節では前節で述べたデータをシミュレーションモデルへ入力し、バスレーン設置が全くない場合に、分割配分法の分割数を変化させて試算を行ない、各街路区間交通量について比較・検討し、考察を行なう。

分割数には、1, 5, 10, 15, 20, 30, 50 の7通りの分割数を用いる。

昭和43年及び46年の6月には、図4・4・2の街路区間の中で、表4・4・11に示す15ヶ所の断面の時間帯別交通量が測定されている。²⁴⁾ 昭和43年、46年のそれぞれの午前8時から1時間の交通量を2:1に加重平均したものを実績交通量とする。7通りの試算結果の配分交通量と実績値との比較を表4・4・11に、また断面交通量の分割数に対する変化を図4・4・10に示す。

図4・4・10から、各断面とも分割数が小さい時は、分割数により断面交通量は大きく変動するが、分割数がほぼ10以上になると安定し、特に分割数が20以上になれば各断面とも交通量はほぼ一定の値となることがわかる。

表4・4・11 実績交通量と分割数の違いによる算定交通量の比較

分割数 区間	1	5	10	15	20	30	50	実績値
1	1,112	1,824	1,817	1,824	1,829	1,842	1,845	1,607
4	1,234	1,405	1,366	1,359	1,354	1,365	1,360	1,852
11	2,331	1,720	1,725	1,740	1,730	1,723	1,716	1,648
12	2,202	2,162	2,167	2,148	2,150	2,149	2,142	2,597
17	1,187	1,860	1,858	1,845	1,851	1,864	1,859	2,591
24	587	1,074	1,058	1,059	1,038	1,022	1,024	957
26	2,552	2,378	2,521	2,512	2,506	2,506	2,518	3,103
31	3,300	2,335	2,473	2,414	2,423	2,421	2,416	3,085
33	1,197	1,509	1,543	1,555	1,576	1,571	1,568	1,613
43	1,694	1,468	1,458	1,465	1,479	1,481	1,477	2,414
45	3,389	3,389	3,389	3,389	3,389	3,389	3,389	3,389
48	4,235	4,275	4,273	4,289	4,292	4,303	4,315	4,056
53	2,074	2,151	2,166	2,159	2,149	2,140	2,140	2,065
56	1,770	1,892	1,895	1,912	1,918	1,923	1,921	2,130
60	1,664	1,551	1,652	1,633	1,636	1,623	1,619	1,213

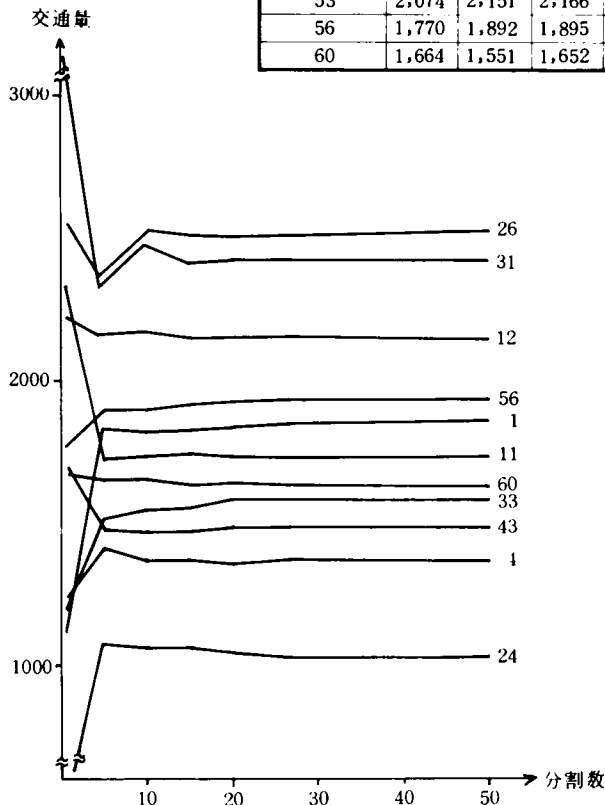
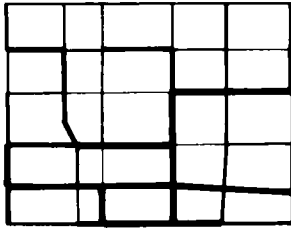


図4・4・10 分割数による断面交通量の変化

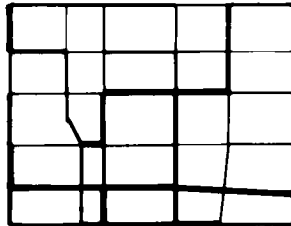
つきに分割数1, 10, 50 の場合の全街路区間の交通量を図4・4・11に示す。また各分割数による各街路区間の分割数10の時の交通量に対する比を図4・4・12に示す。これら2つの図から、分割数1と10の場合の配分パターンはかなり異なり、御池通（堀川・烏丸間）、三条通（東大路・河原町間）、四条通（堀川・烏丸間）、堀川通（四条・五条間）のように交通量の比が1.5以上あるいは0.5以下の区間もあることがわかる。一方分割数10と50の場合、交通量の比も0.83から1.04の値をとり、ほぼ同じ配分パターンであることがわかる。

なお図4・4・11(a)をみると、分割数1の場合三条・御池通（東大路・烏丸間）、四条通（烏丸・大宮間）、烏丸通（御池・七条間）、五条通などの特定の街路区間に交通量が集中し、その反面、今出川通などはかなり少ないことがわかる。東大路通（丸太町・三条間）、三条通（東大路・河原町

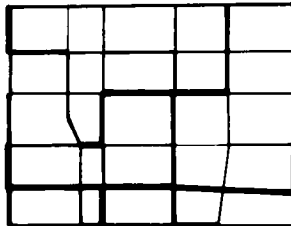
(a) 分割数=1



(b) 分割数=10



(c) 分割数=50



— 1000 以下
 — 1000 ~ 1500
 — 1500 ~ 2000
 — 2000 ~ 2500
 — 2500 以上

図 4.4.11 モデルによる断面交通量

な交通量の集中はなくなり、特に分割数 1 の場合に比較して、東大路通（九太町・三条間）、三条通（東大路・河原町間）の交通量は減少している。しかし、四条通（烏丸・河原町間）はかなり交通量が少なく、逆に四条通（堀川・大宮間）はかなり交通量が多くなっている。前者は五条通をへだてて並行する七条通（河原町・烏丸間）の距離が小さいので、そこに交通が集中し、後者は御池通以北の堀川・千本間の距離が大きいので、四条通のこの区間に交通が集中したものと考えられる。

このことは、本モデルにおける配分プロセスのように時間を唯一の説明要因とする配分モデルの限界を示唆する。すなわち、本モデルの対象とする街路網のノード間距離は 900 m 程度、また格子状街路網内の最も長い OD 経路でも 9 km 程度であり、各街路区間に極端な交通量のかたよりのない限り、各 OD の各経路の所要時間に大差はない。

たとえば、最長の OD ペアであるノード①～③間の各経路の所要時間を表 4.4.12 に示す。表 4.4.12 をみれば、これら OD の所要時間差はそれぞれ 1.51 分、1.66 分である。従って大部分の OD の経路選択は秒の単位で行なわれると考えられる。ところが現実には信号などによる走行時間の変動もあり、運転者の意識できる所要時間の差はより大きいものと考えられる。

ここに所要時間だけで運転者の経路選択をシミュレーションする場合の限界が存在すると思われる。なおこ

(a) 分割数 1 / 分割数 10

		0.61	0.74	0.78	0.90	0.67		
0.75	1.25	1.19	1.14	0.77	1.35			
	1.02	0.96	1.38	0.91	0.77			
0.64	1.26	0.82	1.26	0.72	1.31			
	1.07	0.56	0.29	1.00	1.89			
0.76	1.22	0.57	1.34	1.41	0.78			
	1.40	1.59	2.39	1.02	0.77			
1.03	1.04	0.40	1.25	1.16	1.02			
	1.00	0.80	0.82	0.99	0.99			
1.04	0.51	0.94	0.96	1.20	0.99			
		0.93	1.13	1.12	1.07	1.00		

(b) 分割数 50 / 分割数 10

		1.01	1.00	1.00	1.00	1.00		
1.04	0.99	0.98	1.00	0.98	0.99	0.01	0.99	
	1.00	1.01	0.99	1.01	0.99	0.01	0.99	
0.98	0.99	1.06	0.98	0.99	1.02			
	1.01	0.98	0.96	0.99	1.02			
1.00	1.02	1.00	0.98	1.01	1.02			
	1.00	1.03	1.00	1.02	1.01			
1.00	0.94	1.00	0.99	1.01	1.02			
		1.01	0.97	0.97	1.00	0.98		

図 4.4.12 分割数による交通量の比較

間)などに交通が集中するのは現状とはかなり異なると考えられる。これは、配分プロセスでは、分割数 1 の場合、初期交通量をもとに算定した最短時間経路に、OD の全交通量を配分することになり、並行している道路の中で初期交通量をもとに算定した区間通過所要時間の小さい区間に交通量が集中するためと考えられる。

これに対して分割数が 10 と 50 の場合は、特定区間への極端

の限界をこえるためには、経路選択の要因に幅員あるいは軌道数の有無などの「走りやすさ」を表わす指標をとり入れることも考えられる。

つぎに、分割数10の場合にモデルにより算定された街路区間交通量と実績交通量との比率を表4・4・13に示す。この表をみると、算定交通量と実績交通量が20%以上異なる断面のうち、モデルによる算定交通量の大部分が実績交通量よりも少なくなっていることがわかる。これはモデルにより配分されるトリップは通勤・通学目的のトリップであるが、実際には通勤時間帯であっても他の目的のトリップが混入しているためと考えられる。しかし、本研究ではバスレーン設置案による交通量変化の相互比較を目的としているため、この交通量の絶対的相違は質的な問題とはならないと考えられる。

表 4・4・12 経路の所要時間の例

① → ③⑤		③⑤ → ①	
経路番号	分	経路番号	分
471	12.50	5,551	12.28
472	11.50	5,552	11.44
473	11.41	5,553	11.45
474	11.82	5,554	11.75
475	11.65	5,555	11.56
476	12.04	5,556	11.98

表 4・4・13 実績交通量に対する算定交通量の比

断面	1	4	11	12	17	24	26	31	33	43	45	48	53	56	60
比率	0.89	1.36	0.96	1.19	1.39	0.90	1.24	1.28	1.05	1.66	1.20	0.95	0.95	1.12	0.73

対象街路網の全断面の4分の1にあたる15の断面しか比較できず、しかもOD変換のプロセスによるOD表の変換段階ですでに誤差のはいる危険性もあり、十分に検討ではないが、配分モデルによる配分はほぼ現実の交通量分布のパターンを反映していると考えられる。

以上の考察から、コンピュータの演算時間を考慮して、4・4・6のバスレーン網設置がある場合の試算に用いる分割数は10とする。

4・4・5 試算ケースの設定

本節では試算ケースの設定方法について述べる。

バスレーンを実際に設置する場合、ある基準を設けて、その基準を満足する区間の中から、それぞれの沿道の条件などを考慮し、最終的に設置区間が決定される。そこで本研究においても設置基準を設けて、それを満足する区間をバスレーン設置区間とする。設置基準はつきに述べる3つの方法とする。

(Ⅰ) 各区間のバス通過台数と交通量による方法－設置基準(Ⅰ)－

区間のバス通過台数がある台数以上であり、かつ一般車交通量がある一定台数以下の区間にバスレーンを設置する。

(Ⅱ) 各区間のバス通過乗客数と交通量による方法－設置基準(Ⅱ)－

区間を通過するバス乗客数がある人数以上であり、かつ一般車交通量がある一定台数以下の区間にバスレーンを設置する。

(Ⅲ) 区域による方法－設置基準(Ⅲ)－

ある区域を定め、区域内のすべての区間にバスレーンを設置する。

これらの方法のうち、基準(Ⅰ)、(Ⅱ)は「バスレーン設置によって良い影響を受けるバス乗客あるいはバス台数をできるだけ多くし、かつ悪い影響を受ける一般車を利用する人をできるだけ少なくしよう。」という考え方のもとづいている。都市の中心部で規制が実施される現状では、この2つの方法はほぼ同じと考えられる。しかし、バスの運行本数は路線上の全区間の乗客数から決められるので、レーン設置が広範囲になるにしたがいバス通過台数の多い区間と通過乗客数の多い区間は必ずしも一致しなくなる。これに対して基準(Ⅲ)はレーン設置を面的にとらえているのが特徴である。

以上の3つの基準にもとづいて、つぎのようにバスレーンの設置案を設定する。

まず、バス通過台数について80台/時以上、40台/時以上、下限なし、という3つのレベルを設定し、つぎに一般車交通量について750台/時以下、1,000台/時以下、上限なし、という3つのレベルを設ける。この両方の組み合わせによりバスレーン設置区間を選ぶための9つのケースが考えられ、これら各ケースを表4・4・14(I)のようにアルファベットで名付ける。

同様にバス通過台数のかわりに、バス通過乗客数が3,000人/時以上、1,500人/時以上、制限なし、という3つのレベルと、上述の一般車交通量の3つのレベルに対して、表4・4・14(II)に示す9ケースを設ける。このうちG,H,Aの3つのケースは設置基準(I)のケースと同じである。

また前述の設置基準(II)に対しては、表4・4・14(III)に示すように5つのケースを設けることとする。

それぞれのケースに対して、
京都市内の街路網のうちバスレーンが設置されることとなる区間を図4・4・13に示す。

表4・4・14 設定したケース

設定基準(I)

交通量 バス通過台数	750台/時以下	1,000台/時以下	制限なし
80台/時以上	R	S	T
40台/時以上	O	P	Q
制限なし	G	H	A

設定基準(II)

交通量 バス通過乗客数	750台/時以下	1,000台/時以下	制限なし
3,000人/時以上	I	J	K
1,500人/時以上	L	M	N
制限なし	G	H	A

設定基準(III)

区地境界の道路	ケース
四条、御池、堀川、烏丸	F
五条、丸太町、千本、河原町（境界を含まず）	E
五条、丸太町、千本、河原町	D
七条、今出川、西大路、東大路（境界を含まず）	C
七条、今出川、西大路、東大路	A

上に述べた設置基準(I)による8つのケース、設置基準(II)による6つのケース、設置基準(III)による5つのケース、あわせて19ケースと、比較の基準とするため全くレーンを設置しないケースZを設ける。

分割数10のとき、モデルを用いてバスレーン設置ケースA、

C,D,M,N,Qの試算を行ない、バス利用者、バス所要時間、バス台数、一般車の速度についてバスレーンを設置しないケースZに対する増減を比較し、その結果を表4・4・15に示す。この表からモデルは現実のバスレーンの効果をよく説明しているといえる。従って以下でモデルによる試算結果を用いて、バスレーンの効果の比較考察を行なう。

表4・4・15 バスレーンの効果の試算値と実測値との比較

	モデルの試算値	実際の例(注)
バス利用者の増加	+7.4~13%	+4.1~6.5%
バスの所要時間の短縮	14~32%	17~32%
バス台数の増加	14.5~40%	16~25%
一般車の速度減少	20~40%	17~32%

(注) 警視庁交通部調べによる

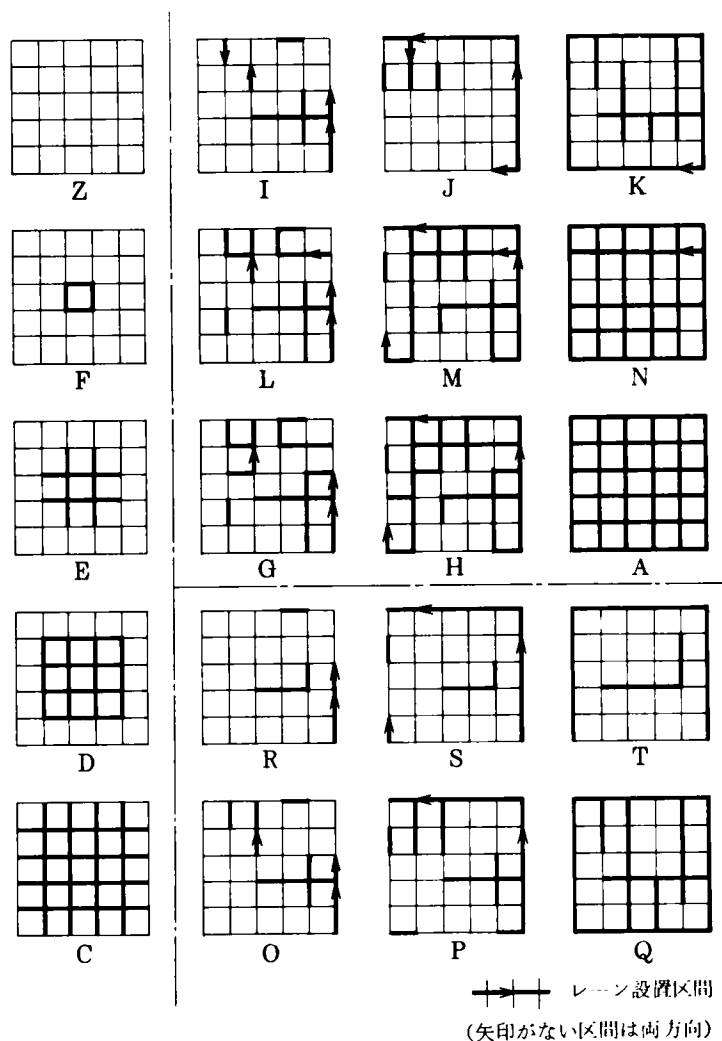


図4.4.13 レーン設置区間

4.4.6 試算結果とその考察

本節では、前節で設定した20ケースのバスレーン設置ケースのそれぞれについて、シミュレーションを実行し、つきの試算値を得た。

- ①都市全体の総輸送人時間……バス利用者別、自家用車利用者別、バス・自家用車の合計
- ②車両の総走行距離……バス・自家用車、バスと自家用車の合計
- ③輸送人キロ……バス利用、自家用車利用、バスと自家用車利用の合計
- ④バス必要台数
- ⑤機関別利用者数……バス利用者数、自家用車利用者数

また、これらの試算値を用いてつきの指標を得た。

(i) 全トリップの平均速度……全トリップの総走行距離を上記の総輸送人時間（バスと自家用車の合計）で割ったものである。

(ii) バス輸送効率……これはバス利用の場合の輸送人キロをバス必要台数で割ったものである。

(iii) バス分担率……これは全トリップに対するバス利用者数の割合である。

これらの各指標を以後、輸送指標と呼び、各ケースごとの比較・考察を行なう。

(1) 輸送指数の計算結果とその考察

各ケースの輸送指標の値を表4・4・16に、また各ケースの輸送指標の値と、比較の基準となる全くバスレ-

表4・4・16 (その1) 輸送指標の値

ケース		A	C	D	E	F	I	J	K	L	M
総輸送 人時間	B	1,220	1,537	1,642	1,705	1,748	1,680	1,502	1,359	1,644	1,434
	C	123	136	141	147	151	145	133	123	142	125
	T	1,343	1,673	1,783	1,852	1,899	1,825	1,635	1,482	1,786	1,559
平均トリ ップ時間	B	10.0	13.4	14.6	15.6	16.2	15.4	13.2	11.6	14.9	12.3
	C	5.9	5.0	4.7	4.5	4.4	4.4	4.6	4.8	4.5	4.8
輸送 人キロ (万人)	B	42,396	40,189	39,208	38,260	37,716	38,194	39,751	40,892	38,633	40,718
	C	6,470	8,617	9,568	10,416	10,953	10,538	9,039	7,949	10,108	8,106
	T	48,866	48,806	48,776	48,676	48,669	48,732	48,790	48,841	48,741	48,821
速 度 (m/分)	B	347.5	261.5	238.8	224.4	215.7	227.3	264.7	300.8	234.9	284.0
	C	524.4	632.8	676.5	711.4	720.6	722.4	684.2	647.0	709.5	646.5
	平均	363.9	291.7	273.6	262.8	256.3	267.0	298.4	329.6	272.7	313.2
走行距離 (台キロ)	B	15,308	14,656	14,404	14,022	13,801	13,909	14,452	14,779	14,065	14,808
	C	41,475	55,236	61,334	66,771	70,210	67,552	57,941	50,957	64,794	51,963
	T	72,090	84,548	90,143	94,816	97,813	95,370	86,844	80,515	92,925	81,580
バス必要台数		315	425	457	471	482	451	395	351	440	376
バス輸送効率		134.6	94.8	85.8	81.2	78.2	84.7	100.6	116.5	87.8	108.3
利用者数 (千人)	B	121	115	112	109	108	109	113	117	111	116
	C	20	27	30	33	34	33	28	25	31	27
分 担 率 (%)		85.2	81.0	78.9	76.8	76.1	76.8	80.1	82.4	78.2	81.1

(注) バス輸送効率 = $\frac{\text{バス輸送人キロ}}{\text{バス必要台数}}$

(その2)

ケース		N	G	H	O	P	Q	R	S	T	Z
総輸送 人時間	B	1,233	1,640	1,427	1,670	1,487	1,330	1,705	1,569	1,488	1,767
	C	122	142	128	145	131	122	148	137	129	153
	T	1,355	1,782	1,555	1,815	1,618	1,452	1,853	1,706	1,617	1,920
平均トリ ップ時間	B	10.2	14.8	12.2	15.3	13.1	11.3	15.7	14.1	13.1	16.5
	C	5.7	4.5	5.0	4.4	4.6	4.9	4.4	4.5	4.5	4.4
輸送 人キロ (万人)	B	42,225	38,753	40,813	38,277	39,904	41,106	37,938	39,119	39,852	37,402
	C	6,646	9,984	8,001	10,454	8,880	7,731	10,777	9,651	8,943	11,278
	T	48,871	48,737	48,814	48,731	48,785	48,837	48,715	48,770	48,794	48,680
速 度 (m/分)	B	342.5	236.3	286.0	229.1	268.3	309.0	222.5	249.3	267.9	211.6
	C	549.1	700.7	628.6	720.6	677.6	635.3	724.7	703.2	692.4	732.3
	平均	360.7	273.5	313.9	268.5	301.5	336.3	262.9	285.9	301.8	253.3
走行距離 (台キロ)	B	15,272	14,103	14,821	13,949	14,473	14,813	13,843	14,200	14,422	13,720
	C	42,599	63,998	51,291	67,010	56,928	49,556	69,085	61,865	57,324	72,296
	T	73,144	92,203	80,934	94,909	85,875	79,181	96,771	90,263	86,168	99,737
バス必要台数		317	440	373	447	388	339	460	414	385	487
バス輸送効率		133.2	88.1	109.4	85.6	102.8	121.3	82.5	94.5	103.5	76.8
利用者数 (千人)	B	121	111	117	110	114	117	109	112	114	107
	C	22	31	25	33	28	25	34	31	28	35
分 担 率 %		84.6	78.2	82.4	76.9	80.3	82.4	76.2	78.3	80.3	75.4

設置のないケース Z の各輸送指標の値との差を表 4・4・17 に示す。

表 4・4・17 (その 1) ケース Z との比較

ケース		A	C	D	E	F	I	J	K	L	M
総輸送 人時間	B	-548	-231	-126	-63	-20	-88	-266	-409	-124	-334
	C	-31	-18	-13	-7	-3	-9	-21	-31	-12	-29
	T	-579	-249	-139	-70	-23	-97	-287	-440	-136	-363
平均トリ ップ時間	B	-6.5	-3.1	-1.9	-0.9	-0.3	-1.1	-3.3	-4.9	-1.6	-4.2
	C	+1.5	+0.6	+0.3	+0.1	0	0	+0.2	+0.4	+0.1	+0.4
輸送 人キロ (万人)	B	+1,994	+2,787	+1,806	+858	+314	+792	+2,349	+3,490	+1,231	+3,316
	C	-4,808	-2,661	-1,710	-862	-325	-740	-2,239	-3,329	-1,170	-3,172
	T	+186	+126	+96	-4	-11	-52	+110	+161	+61	-144
速 度 (m/分)	B	+135.9	+49.9	+27.2	+12.8	+4.1	+15.7	+53.1	+89.2	+23.3	+72.4
	C	-207.9	-99.5	-55.8	-20.9	-11.7	-19.9	-48.1	-85.3	-22.8	-85.8
	平均	+110.6	+38.4	+20.3	+9.5	+3.0	+13.7	+45.1	+76.3	+19.6	+59.9
走行距離 (台キロ)	B	+1,588	+936	+684	+302	+81	+189	+732	+1,059	+345	+1,088
	C	-30,821	-17,060	-10,962	-5,525	-2,086	-4,744	-14,355	-21,339	-7,502	-20,333
	T	-27,647	-15,189	-9,594	-4,921	-1,924	-4,367	-12,893	-19,222	-6,812	-18,157
バス必要台数		-172	-63	-30	-16	-5	-36	-92	-136	-47	-111
バス輸送効率		+57.8	+18.0	+9.0	+4.4	+1.4	+7.9	+23.8	+39.7	+11.0	+31.5
利用者数 (千人)	B	+14	+8	+5	+2	+1	+2	-6	+10	+4	+9
	C	-15	-8	-5	-2	-1	-2	-7	-10	-4	-8

(その 2)

ケース		N	G	H	O	P	Q	R	S	T
総輸送 人時間	B	-535	-128	-341	-98	-281	-438	-63	-199	-280
	C	-32	-12	-26	-9	-23	-32	-6	-17	-25
	T	-567	-140	-367	-107	-304	-470	-69	-216	-305
平均トリ ップ時間	B	-6.3	-1.7	-4.3	-1.2	-3.4	-5.2	-0.8	-2.4	-3.4
	C	+1.3	+0.1	+0.6	0	+0.2	+0.5	0	+0.1	+0.1
輸送 人キロ (万人)	B	+4,823	+1,351	+3,411	+875	+2,502	+3,704	+536	+1,717	+2,450
	C	-4,632	-1,294	-3,277	-824	-2,398	-3,547	-501	-1,627	-2,335
	T	+191	+57	+134	+51	+105	+157	+35	+90	+114
速 度 (m/分)	B	+130.9	+24.7	+74.4	+17.5	+56.7	+97.4	+10.9	+37.7	+56.3
	C	-183.2	-31.6	-103.7	-11.7	-54.7	-97.0	-7.6	-29.1	-39.9
	平均	+107.4	+20.2	+60.6	+15.2	+48.2	+83.0	+9.6	+32.6	+48.5
走行距離 (台キロ)	B	+1,552	+383	+1,092	+229	+753	+1,093	+123	+480	+702
	C	-29,697	-8,298	-21,005	-5,286	-15,368	-22,740	-3,211	-10,431	-14,972
	T	-26,593	-7,534	-18,803	-4,828	-13,862	-20,556	-2,966	-9,474	-13,569
バス必要台数		-170	-47	-114	-40	-99	-148	-27	-73	-102
バス輸送効率		+56.4	+11.3	+32.6	+8.8	+26.0	+44.5	+5.7	+17.7	+26.7
利用者数 (千人)	B	+14	+4	+10	+3	7	10	+2	+5	+7
	C	-13	-4	-10	-2	-7	-10	-1	-4	-7

つきにそれぞれの指標の試算結果について考察する。

(a) 総輸送人時間

都市全体での総輸送人時間は全トリップの所要時間の和として表わされる。試算においては全トリップ数が固定されているので、この指標は各ケースのバスレーン設置効果を表わす指標と考えることができる。各ケースのレーン設置距離と都市全体での総輸送人時間の試算値との関係は図4・4・14のようである。この図からつぎのことがわかる。

①全区間にレーンを設置するケースAは、全くレーンを設置しないケースZと比較して、約80%も総輸送人時間が減少している。

②他のケースについても、設置距離が長くなると、おおむね総輸送人時間は減少する傾向にある。

③ほぼ同じ設置距離であっても、ケースHとケースCのように10%以上も総輸送人時間の異なるケースがある。これは表4・4・17からわかるように、総輸送人時間の減少分はバス利用者と自家用車利用者のそれぞれの輸送人時間

の減少分の和であるが、設置区間の自家用車利用者とバス利用者の構成割合によって、バス利用者と自家用車利用者のそれぞれの輸送人時間の減少分が異なるためである。ちなみにケースCは設置基準(Ⅱ)による設置ケースであり、バス利用者の構成を考慮していないが、ケースHは設置区間の自動車交通量1,000台/時以下、バス通過台数に制限なしという基準によるバス乗客数を間接的に考慮しているケースである。

④ケースC, D, E, Fは他のケースと比較して、設置距離のわりに総輸送人時間の減少分が小さい。これらのケースはいずれもある区域内のすべての道路にレーンを設置したものであるが、自家用車利用者やバス利用者の構成に何ら配慮をしていないためであると考えられる。

⑤ケースR, S, T, K, Qは設置距離のわりに総輸送人時間の減少分が大きい。これらのケースはいずれもバス通過台数あるいは通過乗客数に下限を設定したケースであり、このことは③で述べた総輸送人時間の減少分を構成する2要素のうち、バス利用者の輸送人時間の減少が総輸送人時間の減少に大きく寄与することを示している。

(b) 総走行距離

総走行距離は全てのバス及び自家用車のそれぞれの走行距離のウェイトづけされた総和であり、試算においてはバス1台は自家用車2台に相当するとしている。バスレーン設置距離と総走行距離との関係は図4・4・15のようである。この図からつぎのことがわかる。

①全区間レーン設置のケースAと全くレーン設置のないケースZとを比較すると、ケースAでは約30%総走行距離が減少している。

②各ケースの指標値を示す点はほぼAとZを結ぶ直線付近にあり、総走行距離の減少分とレーン設置距離の

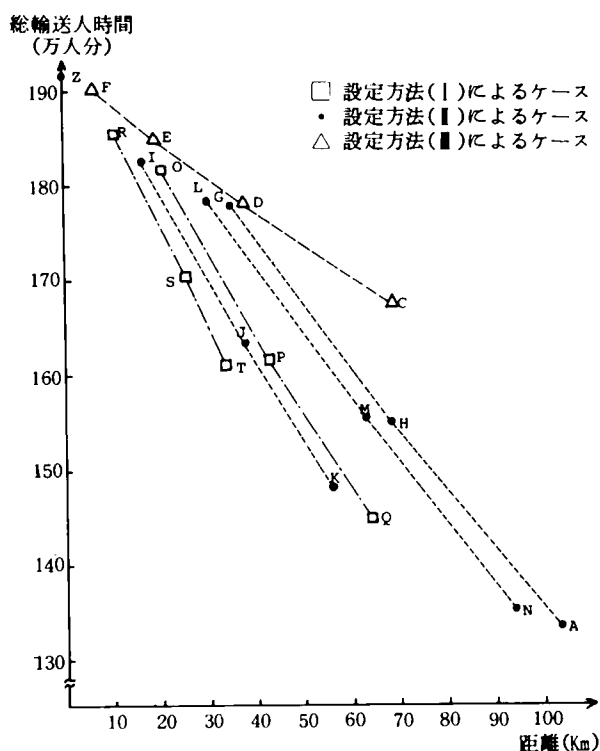


図4・4・14 総輸送人時間

の間に比例関係が存在する。

③同程度の設置距離であっても、ケースCとケースQのように10%近くも総走行距離の異なるケースもある。このうちケースCは区域内のすべての道路にレーンを設置するケースであり、ケースQはバス通過台数に40台以上という下限を設けたケースである。

④設置距離のわりに総走行距離の短縮分が大きいのは、T、K、Q、Nの各ケースであり、これらは交通量に上限を設けずに設置区間を決定したものである。

⑤ 設置距離のわりに総走行距離の短縮分が小さいのは、O、L、G、Cの各ケースであり、このうち前三者は交通量に750台/時以下という上限を設けたケースである。

⑥総走行距離の減少分は表4・4・17に示すように、自家用車走行距離の減少分とバス走行距離の増加分の和としてあらわされるが、④、⑤はこのうち前者の影響が大きいことを示している。このことは、レーン設置区間をレーンの設置される前に通過していた車両台数と総走行距離の減少分との関係を示す図4・4・16をみると一層明らかである。

(c) 全トリップの平均速度

全トリップの平均速度は全トリップの総走行距離を総輸送人時間で割ったものであり、これとレーン設置距離との関係を図4・4・17に示す。この図からつぎのことがわかる。

①全区間レーン設置のケースAは全くレーン設置のないケースZと比較して、平均速度が約45%上昇している。

②各ケースの設置効果のレーン設置距離及びレーン設置基準との関係は総輸送人時間の場合とほぼ同様である。この理由は、全トリップの総走行距離はほぼ一定であり、従って平均速度は総輸送人時間とは独立した指標でないことによる。

つきに、各ケースについてバス利用者の平均速度の上昇分と自家用車利用者の平均速度の低下分との関係を

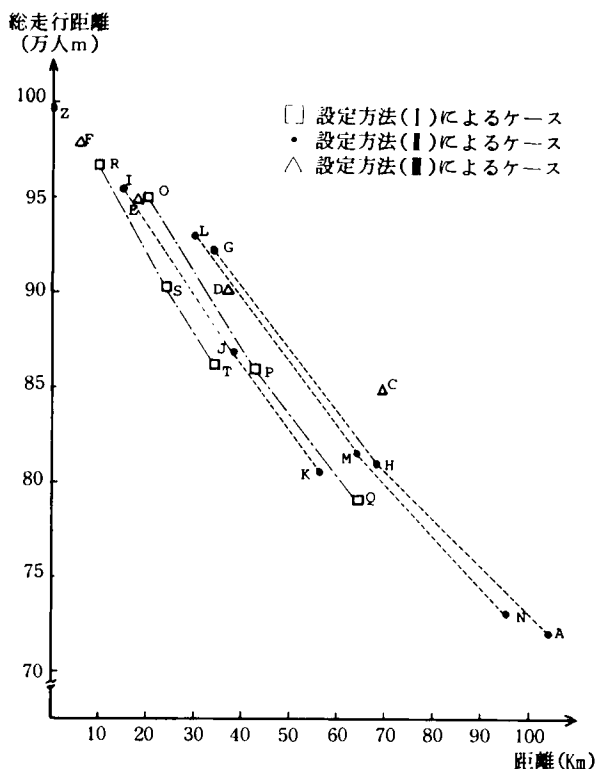


図 4・4・15 総走行距離

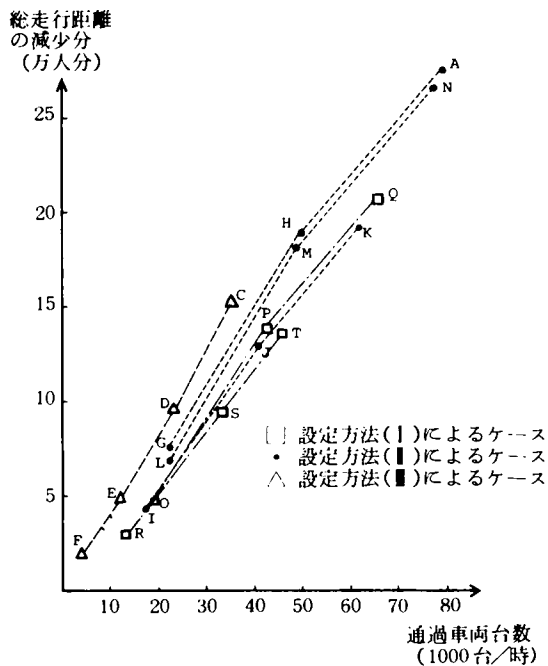


図 4・4・16 通過車両台数と総走行距離の減少分の関係

図4・4・18に示す。この図4・4・18と図4・4・17を比較することによってつぎのことがわかる。

①全トリップの平均速度の上昇には、バス利用者の平均速度の上昇が大きく寄与している。

②図4・4・18の直線はバス利用者の平均速度の上昇分と自家用車利用者の平均速度の減少分が等しい点を結ぶ直線であり、この直線より右下にあるR, S, T, K, Q, J, Pが図4・4・17における全トリップの平均速度の大きいケースとなっている。

③ケースF, E, D, Cは図4・4・18の直線より左上にあり、自家用車利用者の平均速度の増加分よりも大きく、図4・4・17の全トリップの平均速度の小さいケースとなっている。

(d) バス必要台数

バス必要台数は、モデルで輸送需要を満たすように決められる1時間あたりの運行本数を各路線で運行する場合に必要なバスの台数である。これは各路線について、バスがその路線を1往復するのに費される時間をその路線の運転間隔で割った値として求める。バス1台に乗る乗務員の数は一定であるから必要乗務員の数とも考えることができる。

自家用車平均速度の減少

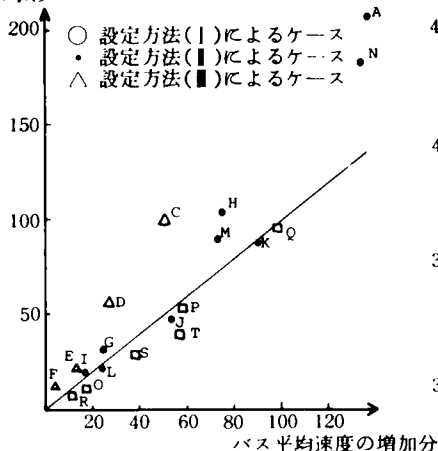


図4・4・18 バス平均速度の増加と自家用車平均速度の低減

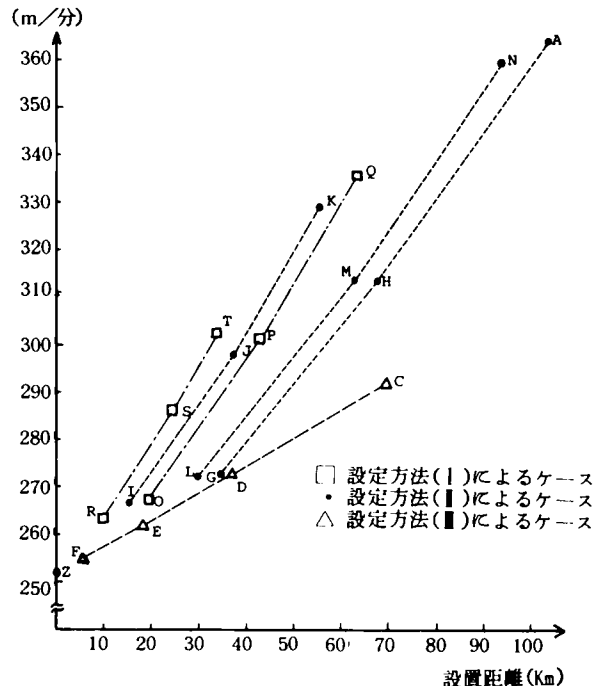


図4・4・17 速度 平均

バス必要台数 (台)

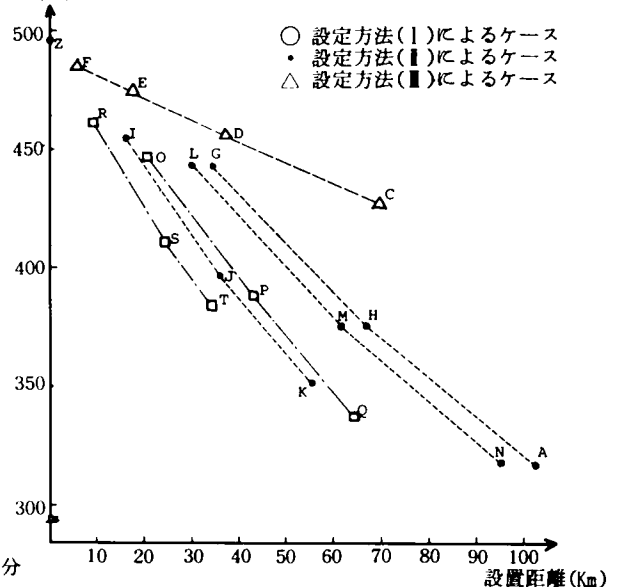


図4・4・19 バス必要台数

各ケースのバス必要台数とレーン設置距離との関係を図4・4・19に示す。この図からつぎのことがわかる。

①全区間レーン設置のケースAは全くレーン設置のないケースZと比較して、約36%バス必要台数が減少し

ている。

②レーン設置距離の増加とともに、おおむねバス必要台数は減少する傾向にある。ただし今まで述べてきた指標と異なり、同程度の設置距離でもバス必要台数にかなり差のあるケースもみられる。この理由は、モデルではバスの1時間あたり運行本数は路線ごとに最も混雑する区間により決定されるのに対し、各路線を往復するのに必要な時間は路線上のすべての区間の所要時間によって決定されるため、設置方法によって乗客数は増えるが、バスの運行速度があまり改善されないケースや、その逆の場合が生じるからだと考えられる。

③設置距離のわりに必要台数が減少しないのはケースF、E、D、Cであり、これらはいずれも区域内の全街路にレーンを設置するケースである。

④設置距離のわりに必要台数の減少分が大きいのは、ケースR、S、T、K、Qであり、図4・4・18によれば、これらのケースはいずれもバスの平均速度の増加分が大きいケースとなっている。

(e) バス輸送効率

バス輸送効率とは、バス1台が輸送した旅客輸送量（単位；人・キロ／台）であり、バス1台がどれだけ有効に使われたかを示す指標である。バス事業の経営者にとっては、バス効率が高いほど、バス1台あるいは乗務員1人あたりの収益が大きくなると考えることができ、経営上重要な指標と考えられる。各ケースのバス輸送効率とレーン設置距離との関係を図4・4・20に示す。この図からつぎのことがわかる。

①全区間レーン設置のケースAは全くレーン設置のないケースZと比較して、74%も効率が高くなっている。

②レーン設置距離の増加とともに、バス輸送効率は高くなる傾向にある。しかし、同程度の設置距離であってもケースQとCのように20%程度、効率に差のでるケースもある。

③設置距離のわりに輸送効率の増加が大きいのはR、S、T、K、Qの各ケースであり、逆に輸送効率の増加が小さいのはF、E、D、Cの各ケースである。

(f) バス分担率

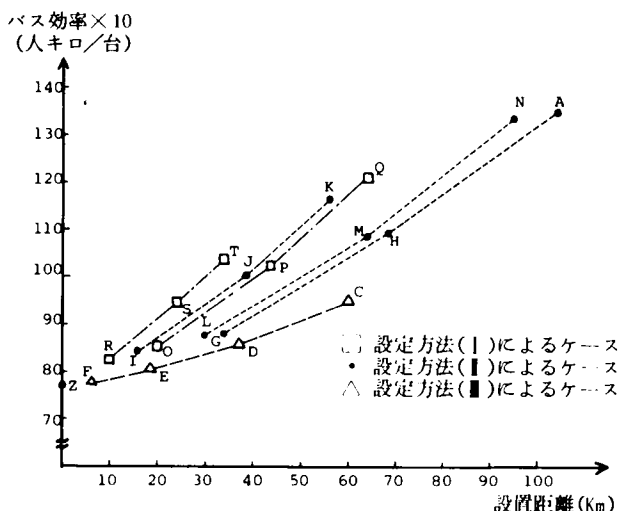


図4・4・20 バス効率

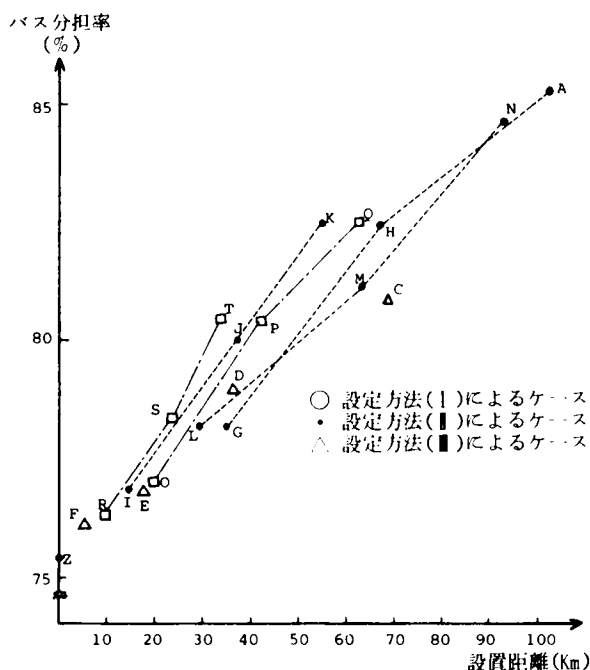


図4・4・21 バスの輸送分担率

バス分担率は全トリップの中でバスを利用したトリップの割合である。各ケースのバス分担率とレーン設置距離との関係を図4・4・21に示す。この図からつぎのことがわかる。

①全区間レーン設置のケースAは全くレーン設置のないケースZと比較して、約10%バス分担率が高くなっている。

②レーン設置距離のわりに分担率の増加が大きいのは、ケースT、K、Q、Nであり、これらはいずれも自動車通過交通量に上限を設けていないケースである。

③レーン設置距離のわりに分担率の増加が小さいのは、ケースO、G、Cであり、このうち前の2つはいずれも通過交通量の上限を750台/時としたケースである。

④②、③から、通過交通量に対して上限を設けない方がバスの分担率は効率よく増加することがわかる。これは、交通量が多い区間は当然そこを通る自由選択利用者も多く、その区間を規制することによって、この自由選択利用者をバス利用に転換させることになるためと考えられる。

(2) 設置基準に関する考察

いままではバスレーン設置案のケースごとの各輸送指標の試算値に注目して考察を行ってきたが、ここでは4・4・5で述べた試算ケースを設定する設置基準に注目して、それぞれの設置基準がどのような特徴をもつかについて考察する。

図4・4・14から図4・4・21までの図をみるとわかるように、各輸送指標に対する各ケースの相対的位置はおおむね同じ傾向にあるため、ここでは図4・4・14の輸送人時間を中心に考察する。

(a) 設置基準(I)、(II)によるレーンの設置

両基準のうち、(I)は設置区間のバス通過台数に下限を、(II)は設置区間のバス通過乗客数に下限を設け、両基準ともそれぞれ設置区間の一般車交通量に上限を設定して、これらの基準に合う区間にバスレーンを設置する方法である。図4・4・14から以下のことがわかる。

①両設置基準による設置ケースの指標値の相対的な位置関係はほぼ同じ傾向にある。たとえばつぎのようである。

(i) 一般車交通量の上限が高くなり、従って規制が強くなるにつれて、総輸送人時間は設置距離に比例して短縮される。たとえばつぎのような順序である。

R→S→T、O→P→Q、G→H→A、L→M→N、I→J→K。

(ii) バスの乗客数あるいはバス通過台数を下げてより規制を強くしても、やはり設置距離が増加するにつれて、総輸送人時間が短縮される。たとえばつぎのような順序である。

I→L→G、J→M→H、K→N→A、R→O→G、S→P→H、T→Q→A。

ただし、短縮の度合は交通量による規制の強化の場合よりも小さい。

(iii) L→G、M→Hのように設置距離が増加するだけで、総輸送人時間はほとんど短縮されないケースもある。

(iv) (ii)、(iii)からバスレーン設置による好影響を受けるバス通過台数、バス乗客数の少ない区間にレーンを設置しても、効果があがらないことがわかる。いかえれば、区間を通過するバス台数あるいはバス乗客数に下限を設けて、その下限以上の区間にレーンを設置する方が有効であることを示している。

②バスの定員を75人と考えれば、「通過乗客数3,000人以上」と、「通過バス台数40台以上」という基準は同程度の基準と考えられる。この両基準によるケースI→J→Kと、O→P→Qとを比較すると、I→J→Kを結ぶ線はO→P→Qを結ぶ線よりも原点側にあり、通過乗客数による基準、いかえれば設置基準(II)の方が有効であることを示している。

(b) 設置基準(III)によるレーンの設置

この設置基準はある区域内のすべての道路にバスレーンを設置するものである。F→E→D→C→Aと設置区域が広がるにつれて、総輸送人時間は減少する。しかし、設置基準(I)、(II)によるケースと比べると、設置距離のわりに総輸送人時間の減少分が小さく、この設置方法は効率が悪いことを示している。

以上の考察から、バスレーンを設定する場合、区域を定めてその区域内の全区間に設置するよりも、区間を通過する一般車交通量、バス台数、バス乗客数によってバスレーンを設置する方が有効であるといえる。特に通過乗客数がある一定人数以上の区間にバスレーンを設置する方が効果的である。

4・5 シミュレーション試算値への総合評価の応用

4・5・1 概 説

ここでは、3・4で提案したバスレーン網設置案を総合評価する方法を4・2、4・4で得られるバスレーン設置案の試算値に適用する。

まず4・5・2では、4・2で提案したモデルを簡単な街路網に適用して得られた4・2・4における12ケースのバスレーン網設置案それぞれに対する試算値、たとえばバス乗客数、総走行距離、バス必要台数、総所要人時間などに適用し、個々の評価項目について評価を行なう。この個別評価では、バスレーン網設置による一般車の交通容量の低下を損失度とする。各評価項目の便益度に対する損失度の代替率が変化するとき、評価指数の最小となるバスレーン網設置案を選び出し、つぎに述べる最適代替案の候補を定める。

つぎに各評価項目の評価指数にそれぞれ比重をつけて加算した一つの総合評価指数をつくる。12ケースのバスレーン網設置案について、総合評価指数を最小にする案が最適代替案となる。ところがこの最適案は、各評価項目の便益度に対する損失度の代替率並びに評価項目間の比重がそれぞれ変化すれば変動する。そこで、代替率及び比重がそれぞれ変化するとき、最適代替案の選ばれる限界面と比重あるいは代替率との間にどのような関係があるかを明らかにする。

4・5・3では、4・3で提案したモデルをある大規模な街路網に適用して得られた、4・4・6における20ケースのバスレーン網設置案それぞれに対する試算値、たとえばバス乗客数、総走行距離、総所要人時間、バス必要台数などに適用し、個々の評価項目について、まず評価を行なう。この個別評価では、バスレーン設置にともなう交通規制標識・標示に必要な費用の増加分を損失度とする。個別評価において、最適代替案となる候補が選出される。この最適代替案の候補の中から、総合評価指数を最小にする案を選び出し、最適代替案とする。ところが各評価項目の指数間の比重あるいは各評価項目の便益度に対する損失度の代替率がそれぞれ変化すると、最適代替案が変動する。そこで、つぎに各評価項目の比重あるいは代替率が変化するとき、最適代替案が選ばれる限界面の変動がどのようになるかを明らかにする。

4・5・2 簡単な街路網におけるバスレーン網の評価²⁵⁾

ここでは4・2・4の試算値に3・4の評価方法を適用する。

バスレーン網設置案 i におけるバス延べ乗客数の増加、バス必要台数、総走行距離、総所要人時間の減少に関する便益度を、それぞれ $P_i^1, P_i^2, P_i^3, P_i^4$ とし、道路の交通容量低下による損失度を M_i とする。まず損失度 M_i の便益度 $P_i^1, P_i^2, P_i^3, P_i^4$ に対する代替率をそれぞれ $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ とする。

バス延べ乗客数、バス必要台数、総走行距離、総所要人時間の評価指数をそれぞれ $S_i^1, S_i^2, S_i^3, S_i^4$ とし、これらを次式に示す。

$$\left. \begin{aligned} S_i^1 &= 1 - P_i^1 + \alpha M_i \\ S_i^2 &= 1 - P_i^2 + \beta M_i \\ S_i^3 &= 1 - P_i^3 + \gamma M_i \\ S_i^4 &= 1 - P_i^4 + \delta M_i \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4 \cdot 5 \cdot 1)$$

$S_i^1, S_i^2, S_i^3, S_i^4$ に対する評価項目の比重を k_1, k_2, k_3, k_4 とすると総合評価指数 TS_i は次式で示される。

$$TS_i = k_1 S_i^1 + k_2 S_i^2 + k_3 S_i^3 + k_4 S_i^4$$

$$k_1 + k_2 + k_3 + k_4 = 1$$

$$k_1, k_2, k_3, k_4 \geq 0$$

..... (4・5・2)

TS_i が最小となるバスレーン網設置案、すなわち最適代替案は $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ 及び k_1, k_2, k_3, k_4 が変わると変化する。

まず、バス延べ乗客数、バス必要台数、総走行距離、総所要人時間のそれぞれについて、個々に評価を行ない最適代替案の候補を選ぶ。

(1) シミュレーション結果の評価

表4・2・6からバスレーン網設置案ごとに各便益度と損失度を計算し、表4・5・1に示す。また P_i^1 と P_i^3, P_i^2 と P_i^4 の M_i との関係をそれぞれ図4・5・1、4・5・2に示す。これらの図からつぎのことがわかる。

①バス延べ乗客数と総走行距離に関する評価では、ケース1, 3, 12以外は最適代替案とはなり得ない。

②同様に、バス必要台数ではケース1, 3, 6, 12のみ、総所要人時間ではケース1, 6, 9, 12のみが最適代替案となり得る。

③ここに述べた最適代替案となる可能性を持つ各ケースのうち、評価項目の比重の変化によって1つの望ましいケースが選択されることになる。

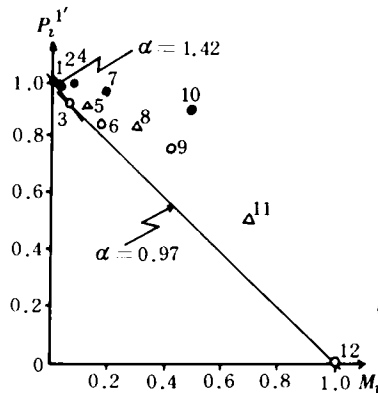
(2) 最適代替案の変化

バスレーン網設置効果のうち、バス延べ乗客数の増加は重要な指標と考えられ

表4・5・1 便益度と損失度の一覧表

レーン指定	ケース番号	P_i^1	P_i^2	P_i^3	P_i^4	M_i
レーンなし	1	0	0	0	0	0
優先レーン設置	2	0	0.072	0.001	0.040	0.029
	4	0.027	0.132	0.026	0.118	0.088
	7	0.027	0.196	0.026	0.211	0.206
	10	0.106	0.442	0.107	0.395	0.500
専用レーン設置	3	0.084	0.159	0.091	0.092	0.059
	6	0.165	0.305	0.172	0.316	0.176
	9	0.245	0.440	0.249	0.540	0.412
	12	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
優先・専用レーン併用設置	5	0.106	0.219	0.111	0.184	0.118
	8	0.180	0.368	0.183	0.408	0.294
	11	0.495	0.671	0.495	0.711	0.706

(a) バス延べ乗客数の評価



(b) 総走行距離の評価

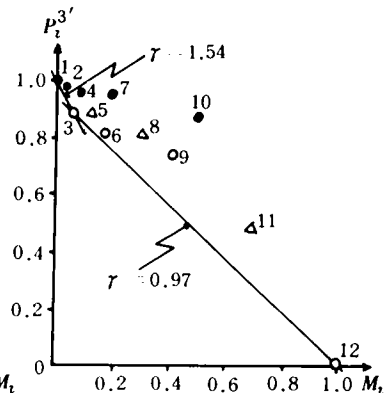
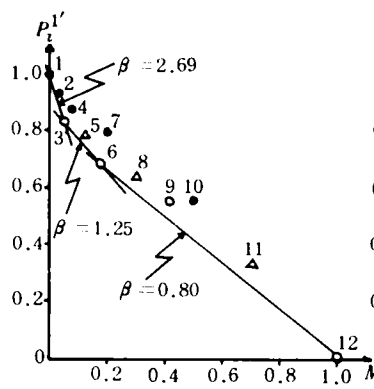


図4・5・1 バス延べ乗客数と総走行距離の評価

(a) バス必要台数の評価



(b) 総所要人時間の評価

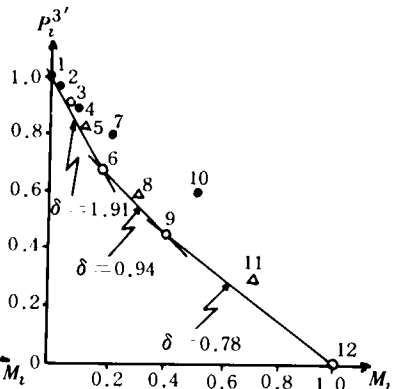


図4・5・2 バス必要台数と総所要人時間の評価

る。そこでこの評価項目の比重 k_1 による最適代替案の変化をみるため、以下では評価項目の比重のうち k_1 以外が等しい場合について考察する。

まずバスの延べ乗客数の増加を評価において考慮しない場合の最適代替案の変化を調べる。

(a) k_1 が 0 のとき

k_1 が 0 であれば式 (4・5・2) から α は TS_i に関係しない。従って TS_i が最小になるバスレーン網設置案、すなわち最適代替案は β 、 γ 、 δ の変化に伴って変わる。

ここで $k_2 = k_3 = k_4 = k$ とおけば TS_i は次式となる。

$$TS_i = k \{ 3 - (P_i^2 + P_i^3 + P_i^4) + l \cdot M_i \} + k_1 (1 - P_i^1 + \alpha M_i) \quad \cdots \cdots \cdots (4 \cdot 5 \cdot 3)$$

ここに、

$$l = \beta + \gamma + \delta \quad \cdots \cdots \cdots (4 \cdot 5 \cdot 4)$$

従ってどの案の総合評価指数が最小になるかは l の大きさによってきまる。

表 4・5・1 の数値では、ケース 1 が最適代替案になる範囲は l が 5.7 より大きい領域である。そこで図 4・5・3 における β 、 γ 、 δ 各軸の切片が 5.7 である平面 Σ_1 すなわち式 (4・5・5) はケース 1 が最適代替案として選ばれる下限面となる。

$$l_1 = \beta_1 + \gamma_1 + \delta_1 = 5.7 \quad \cdots \cdots \cdots (4 \cdot 5 \cdot 5)$$

つぎに l が 5.7 より小さくなると、図 4・5・3 の Σ_2 面すなわち式 (4・5・6) はケース 3 が最適代替案に選ばれる下限面となる。

$$l_2 = \beta_2 + \gamma_2 + \delta_2 = 3.9 \quad \cdots \cdots \cdots (4 \cdot 5 \cdot 6)$$

同様に、 Σ_2 面及び式 (4・5・7) で示される Σ_3 面の下方では、それぞれケース 6 及びケース 12 が最適代替案となる。

$$l_3 = \beta_3 + \gamma_3 + \delta_3 = 2.7 \quad \cdots \cdots \cdots (4 \cdot 5 \cdot 7)$$

ここで Σ_1 、 Σ_2 、 Σ_3 の各面は最適代替案が選ばれる限界面となっている。

以上のことからつぎのことが指摘される。

- ① 表 4・5・1 の計算値の場合、ケース 1, 3, 6, 12 のみが最適代替案となる可能性をもっている。
- ② $(\beta + \gamma + \delta) = l$ の値が最適代替案の選択を左右する。
- ③ l の値が大きいときは、損失度 M_i の比重を相対的に重く考えることを意味し、このときはバスレーンを設置しないのが有利となる。
- ④ l の値が小さいときは、逆に損失度 M_i の比重を相対的に軽くみることを意味し、バス専用レーンをなるべく多区間に設置するのが有利となる。

(b) k_1 が正のとき

α をパラメータとした場合、 k_1 の変化に伴う最適代替案の選ばれる限界面の変化を式 (4・5・5)、(4・5・6)、(4・5・7) における l_1 、 l_2 、 l_3 の変化として示したのが図 4・5・4 である。また図 4・5・5 には $\alpha = 0.5$ 、

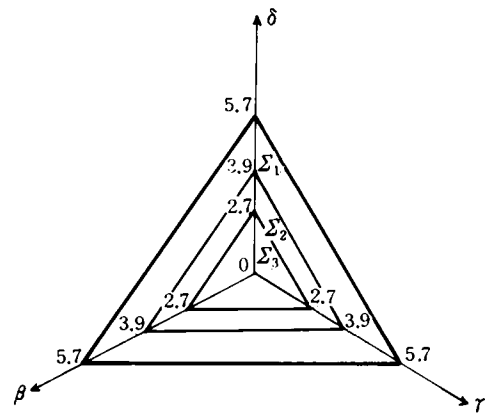


図 4・5・3 限 界 面

1.5 に対する ℓ_1, ℓ_2, ℓ_3 の変化を同時に示している。図 4・5・5 では上から順に ℓ_1, ℓ_2, ℓ_3 の曲線があり、最適代替案となる領域を図中にケース番号 1, 3, 6, 12 で示す。

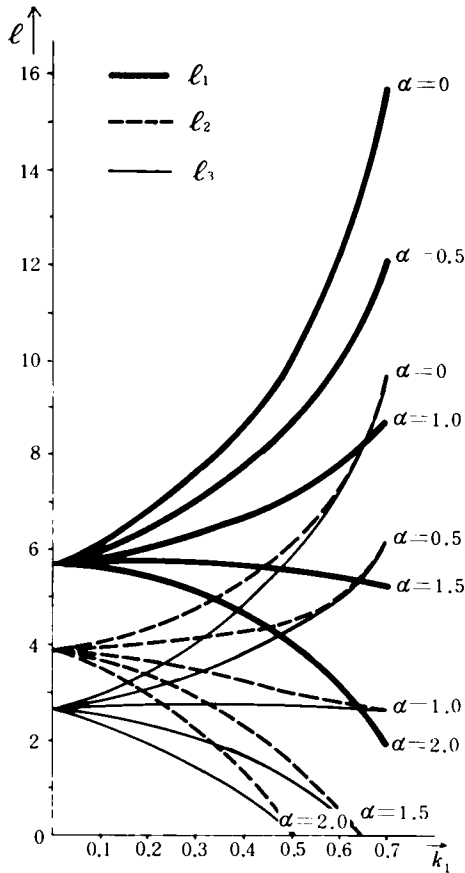
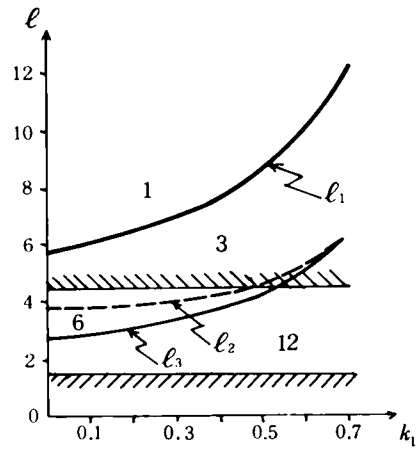


図 4・5・4 境界面の ℓ_1, ℓ_2, ℓ_3 の変化

(a) $\alpha = 0.5$ の場合



(b) $\alpha = 1.5$ の場合

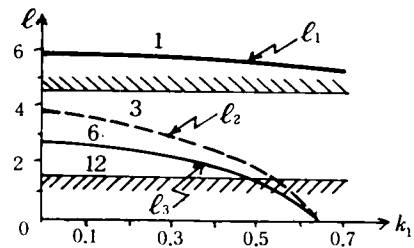


図 4・5・5 ℓ_1, ℓ_2, ℓ_3 と最適代替案

β, γ, δ はバスレーン網設置による損失度の便益度に対する代替率であり、これらは、都市計画・交通計画を総合して決定されるべきものである。たとえば公共交通としてのバスの便益を重視すれば、 β, γ, δ は小さい値をとるべきであり、逆に一般車の走行の確保を考えれば、 β, γ, δ は大きい値をとることとなる。これらの値については、それぞれの都市、それぞれの街路区間で個別に指定されるべきであるが、以後の説明では大体の傾向を知るために仮に 0.5 及び 1.5 の値の場合について考察することとする。

いま仮に 0.5 及び 1.5 の場合を β, γ, δ のそれぞれ下限、上限と考えると、 ℓ_1, ℓ_2, ℓ_3 は下限 1.5、上限 4.5 の範囲となり、図 4・5・5 の斜線にはさまれる領域内に限られることとなる。

表 4・5・1 の計算値では、 α がほぼ 1 より大きい場合、 k_1 の増大に伴って ℓ_2, ℓ_3 が減少し、図 4・5・5 からケース 12 やケース 6 などのバスレーン網設置案が最適になる範囲は狭くなる。これはバス乗客数増加による便益度よりも交通容量減少による損失度を重視する場合には、ケース 3 のバスレーン網を設置するのが望ましいことを意味する。

つぎに α がほぼ 1 より小さい場合、 k_1 の増大に伴って逆に ℓ_2, ℓ_3 が増加し、ケース 12 が最適代替案になる範囲が広がる。これは交通容量減少による損失度よりもバス乗客数増加による便益度を重要視する場合には、ケース 12 のバスレーン網設置案が望ましいことを意味する。

上記の考察からつぎのことが指摘される。

- ① k_1 及び α が最適代替案の選ばれる範囲をきめる限界面の l の値を変化させる。
- ② α がほぼ 1 以上では、 k_1 の増大とともにケース 3 のバスレーン網設置案を選ぶのがより有利となる。
- ③ α がほぼ 1 以下では、 k_1 の増大とともにケース 12 のバスレーン網設置案を選ぶのがより有利となる。

4・5・3 大規模な街路網におけるバスレーン網の評価²⁶⁾

ここでは、4・4・6 のシミュレーション試算結果を用いて、バスレーン網の評価を行なう。

まずシミュレーションの結果から、バス乗客数、総走行距離、総所要人時間、バス必要台数のそれぞれについて評価をする。つぎに最適代替案の変化について考察する。

(1) シミュレーション結果の評価

バスレーン網設置案におけるバス乗客数の増加、バス必要台数、総走行距離、総所要人時間の減少に関する便益度をそれぞれ P_i^1 , P_i^2 , P_i^3 , P_i^4 とする。またバスレーン設置に伴う費用の増加分を損失度 M_i とする。なお費用は表 4・5・2 に示すバスレーン設置における標識・標示の設置基準と単位あたり費用から計算した。

表 4・5・2 バスレーン設置のための
標識・標示設置基準と費用

(京都府警の調べ)

標 識	500 m 間隔に 1 本 (始終点含む)	可変標識 1 式 75 万円 大型反射 1 式 13 万円
路面 標 示	500 m 間隔	1 文字 6,000 円 1 カ所 12 文字 72,000 円
駐停車禁止 の 標 識	100 m 間隔に 1 本	1 本 1 万円前後

表 4・4・5 からバスレーン網設置案ごとに、上記の各便益度と損失度を計算し、表 4・5・3 に示す。

表 4・5・3 から、 P_i^1 と P_i^2 , P_i^3 と P_i^4 の M_i との関係それぞれ図 4・5・6、4・5・7 に示す。

これらの図からつぎのことがわかる。

① バス乗客数の評価では、ケース Z, S, T, Q, N, A のみが最適代替案となり得る。

② バス必要台数の評価では、ケース Z, R, S, T, Q, N, A のみが最適代替案となり得る。

③ 総走行距離及び総所要人時間の評価では、ケース Z, S, T, Q, N, A のみが最適代替案となり得る。

損失度 M_i の便益度 P_i^1 , P_i^2 , P_i^3 , P_i^4 に対する代替率をそれぞれ α , β , γ , δ とするとつぎのことがわかる。

① 代替率 α に関して、 $\alpha > 2.32$

$2.32 > \alpha > 2.07$, $2.07 > \alpha > 1.46$,
 $1.46 > \alpha > 1.07$, $1.07 > \alpha > 0.085$,
 $\alpha < 0.085$ に対応して、それぞれケース Z, S, T, Q, N, A が最適代替案となる。

② 代替率 β に関して、 $\beta > 3.125$

$3.125 > \beta > 2.88$, $2.88 > \beta > 2.37$,
 $2.37 > \beta > 1.56$, $1.56 > \beta > 0.545$,
 $\beta > 0.02$, $\beta < 0.02$ に対応して、それぞれケース Z, R, S, T, Q, N, A が最適代替案となる。

表 4・5・3 便益度と損失度の値

	P_i^1	P_i^2	P_i^3	P_i^4	M_i
Z	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
A	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
C	0.5581	0.3663	0.5494	0.4298	0.4471
D	0.3616	0.1744	0.3472	0.2399	0.2511
E	0.1718	0.0930	0.1783	0.1208	0.1210
F	0.0629	0.0291	0.0698	0.0397	0.0416
G	0.2707	0.2733	0.2727	0.2416	0.2104
H	0.6830	0.6627	0.6803	0.6334	0.4237
I	0.1586	0.2093	0.1580	0.1674	0.1007
J	0.4704	0.5349	0.4665	0.4953	0.2407
K	0.6988	0.7907	0.6951	0.7594	0.3637
L	0.2465	0.2733	0.2467	0.2347	0.1822
M	0.6642	0.6453	0.6568	0.6265	0.3910
N	0.9658	0.9884	0.9620	0.9786	0.6016
O	0.1752	0.2326	0.1750	0.1847	0.1224
P	0.5010	0.5756	0.5016	0.5217	0.2646
Q	0.7419	0.8605	0.7436	0.8112	0.3913
R	0.1073	0.1570	0.1074	0.1191	0.0553
S	0.3438	0.4244	0.3429	0.3728	0.1479
T	0.4909	0.5930	0.4908	0.5264	0.2189

③代替率 r に関

(a) バス乗客数の評価

(b) バス必要台数の評価

して、 $r > 2.32$

$$2.32 > r > 2.08$$

$$2.08 > r > 1.55、$$

$$1.55 > r > 1.04、$$

$$1.04 > r > 0.095、$$

$r < 0.095$ に対応し

て、それぞれケース

Z, S, T, Q, N, A

が最適代替案となる。

④代替率 δ に関

して、 $\delta > 2.52$

$$2.52 > \delta > 2.16$$

$$2.16 > \delta > 1.74、$$

$$1.74 > \delta > 0.80、$$

$$0.80 > \delta > 0.05、$$

$\delta < 0.05$ に対応して

それぞれケース Z, S

, T, Q, N, A が最適

代替案となる。

(2) 最適代替案の
変化

バス乗客数、バス

必要台数、総走行距

離、総所要人時間の

評価指数をそれぞれ

$S_1^1, S_2^2, S_3^3, S_4^4$ と

し、これら各評価指数の比重をそれぞれ k_1, k_2, k_3, k_4 とする。

ここでは、代替率 α, β, r, δ 及び比重 k_1, k_2, k_3, k_4 の変化に対する最適代替案の変動について考察する。

4.5.2 と同様に、バスレーン網設置効果の中で、バス乗客数の増加は重要な指標と考えられるので、この評価指数 S_1^1 の比重 k_1 による最適代替案の変化を考察する。

そこで以下では評価指数の比重のうち、 k_1 以外の比重が等しい場合について考えることとする。

(a) k_1 が 0 のとき

まずバス乗客数の増加を評価において考慮しない場合の最適代替案の変化を調べる。

k_1 が 0 であれば式 (4.5.2) から α は TS_i に関係せず、 β, r, δ の変化に伴って、 TS_i が最小になるバスレーン網設置案、すなわち最適代替案は変わる。

$k_2 = k_3 = k_4 = k$ とおけば TS_i は次式で示される。

$$TS_i = k \{ 3 - (P_i^2 + P_i^3 + P_i^4) + l M_i \} + k_1 (1 - P_i^1 + \alpha M_i) \quad (4.5.8)$$

$$l = \beta + r + \delta \quad (4.5.9)$$

式 (4.5.9) の l の大きさによって、どの案の総合評価指数が最小になるか決定される。

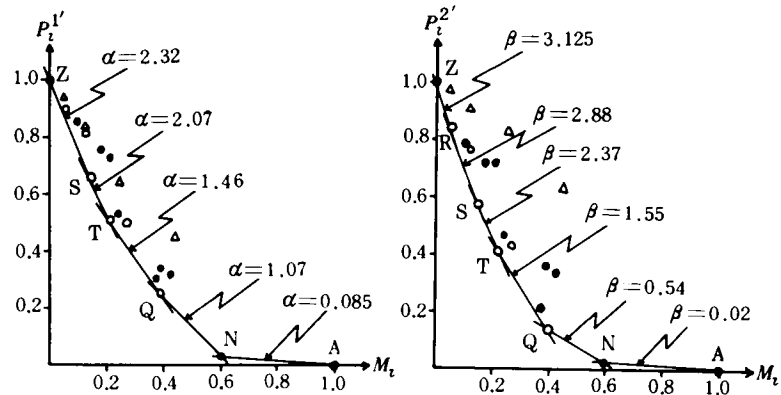


図 4.5.6 バス乗客数とバス必要台数の評価

(a) 総走行距離の評価

(b) 総輸送人時間の評価

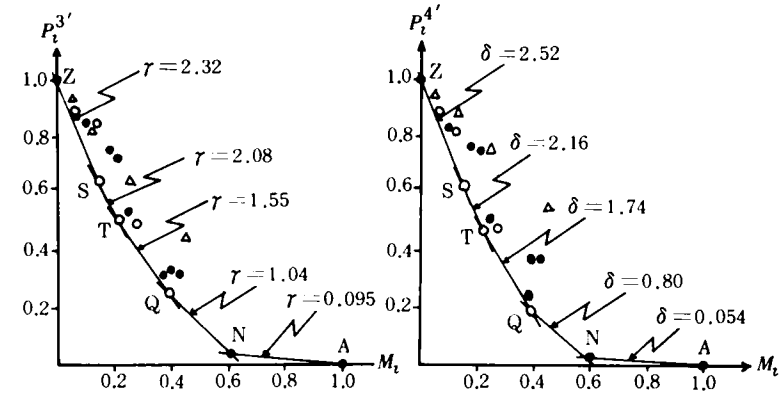


図 4.5.7 総走行距離と総輸送人時間の評価

表 4・5・3 の数値では、最適代替案の l の値及び限界面は、表 4・5・4 及び図 4・5・8 のようである。これらの図・表からつぎのことが指摘される。

① 表 4・5・3 の計算値の場合、ケース Z, R, T, Q, N, A のみが最適代替案となる可能性をもっている。

② l の値が最適代替案の選択を左右する。

③ ケース N, Q, R, Z が最適代替案になるときの下限面は、それぞれ式 (4・5・8)、(4・5・9)、(4・5・10)、(4・5・11) で示される。

$$l_1 = \beta_1 + r_1 + \delta_1 = 0.18$$

..... (4・5・8)

$$l_2 = \beta_2 + r_2 + \delta_2 = 2.5$$

..... (4・5・9)

$$l_3 = \beta_3 + r_3 + \delta_3 = 4.0$$

..... (4・5・10)

$$l_4 = \beta_4 + r_4 + \delta_4 = 19.7$$

..... (4・5・11)

表 4・5・4 限界面の l の値と最適代替案

限界面	Ω_1	Ω_2	Ω_3	Ω_4
l	← 0.18 →	← 2.5 →	← 4.0 →	← 19.7 →
最適代替案	A : N : Q : R : Z			

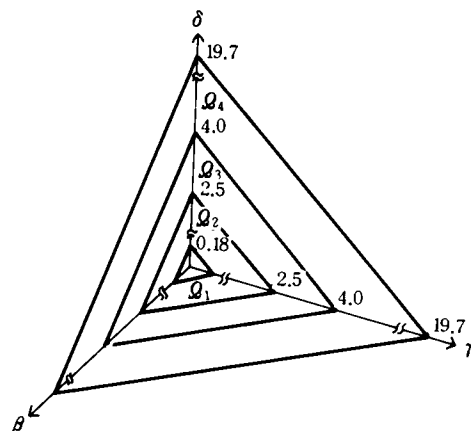


図 4・5・8 限界面

(b) k_1 が正のとき

α をパラメータとした場合、 k_1 の変化に伴う最適代替案の選ばれる限界面の変化を式 (4・5・8)、(4・5・9)、(4・5・10)、(4・5・11) の l_1, l_2, l_3, l_4 の変化として示したのが図 4・5・9 である。この図では下から順に l_1, l_2, l_3, l_4 の曲線があり、最適代替案となる領域を図中にアルファベット A, N, Q, T, R, Z で示す。なお図中、

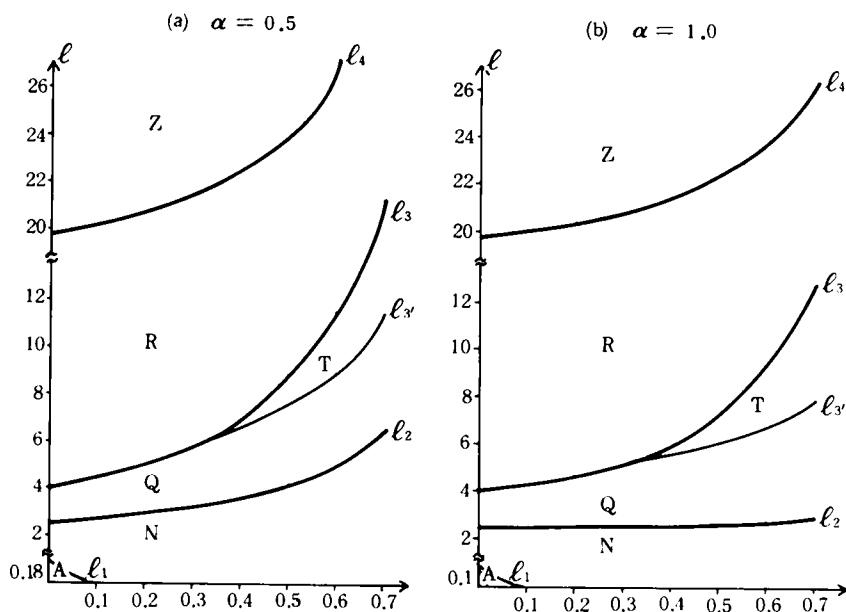


図 4・5・9 l の変化

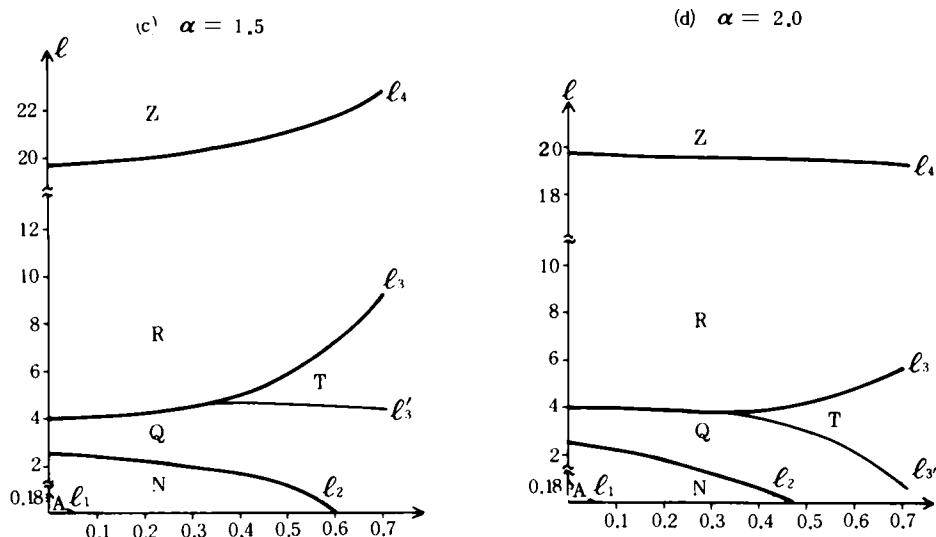


図 4.5.9 l の 変 化

l'_3 はケースTが最適代替案になる下限面を示す。

図 4.5.9 からつぎのことがわかる。

- ① α が 0.5 と 1.0 では、 k_1 の増大とともに、 l_2, l_3, l'_3, l_4 はそれぞれ増加する。
- ② α が 1.5 では、 k_1 の増大とともに、 l_2, l'_3 はそれぞれ減少し、 l_3, l_4 はそれぞれ増加する。
- ③ α が 2.0 では、 k_1 の増大とともに、 l_2, l'_3, l_4 はそれぞれ減少し、 l_3 は増加する。
- ④ ケースA(全区間専用レーン設置)が最適代替案となる領域は非常に狭い。
- ⑤ ケースNが最適代替案になる領域は、 α が 0.5 と 1.0 では、 k_1 の増大とともに広くなり、 α が 1.5 と 2.0 では k_1 の増大とともに狭くなる。
- ⑥ ケースTが最適代替案となる領域は、 α 及び k_1 の増大とともに広くなる。
またTが初めて最適代替案となるとき l'_3 の値は、 α の増大とともに小さくなる。たとえば α の値が 0.5、1.0、1.5、2.0 に対して、 l'_3 の値はそれぞれ 6.1、5.4、4.6、3.8 である。
- ⑦ ケースRが最適代替案となる領域は、 k_1 の増大とともに狭くなる。ただし、 $0 \leq k_1 \leq 0.6$ の場合、他のケースに比較して、Rが最適代替案となる領域が一番広い。

4.6 結 語

本章では、格子状道路網にバスレーン網を設置する場合に、交通に関する種々の要因に与えるバスレーンの効果を巨視的に測定するシミュレーションモデルを定式化した。つきにこのモデルを用いて、ある仮想街路網にバス路線、バスレーン網、O Dトリップ数を設定した場合に、総所要人時間、総走行距離、バス必要台数、バス乗客数などに及ぼすバスレーン網設置の影響を試算した。試算結果をもとについてバスレーンの効果について考察した。つきに試算値に3・4で提案したバスレーンの総合評価方法を適用して、最適代替案の変化を明らかにした。

以下に本章で得られた成果について述べる。

(1) マクロモデルの特徴と定式化

まず4・2で簡単な街路網を対象とするモデルを定式化した。このモデルは、O Dトリップ数、道路網、バス路線、バスレーン網を与件とし、つきに述べる前提条件を設定した。

① 街路網は格子状である。

②旅客交通はバスと自家用車を利用できる。

③トリップの発生・吸収はノードのみで行なわれる。

④自家用車利用者はODを結ぶ経路のうち、最短距離かつ最短時間経路を利用する。

⑤出発地で複数のバスシステムを利用できる場合、任意のバスシステムを選ぶ割合すなわち、バスシステム利用率は、バスシステムの運行本数に比例する。またバスシステムを乗りつく場合、乗りかえ回数は1回以内に限定する。

⑥バス利用経路の所要時間が自家用車利用に比べて相対的に短くなると、自家用車利用者の一部がバス利用へ転換する。

⑦バスレーンを設置しない場合、基本トリップのうちバスを利用する割合は外生的に与える。

モデルの主要部分は、等時間原則配分、自家用車からバスへの利用転換モデルからなり、バス利用並びに自家用車利用それぞれの経路所要時間、道路区間の通過人数・通過乗用車台数、バス通過台数などの定式化には経路が通過する道路区間を示すバスマトリックスを用いた。

バスマトリックスには、(a)バス利用経路の通過する道路区間を示す行列、(b)バスシステムの通過する道路区間を示す行列、(c)自家用車利用経路の通過する道路区間を示す行列、の3つの種類がある。これら3つのバスマトリックスのほか、バス利用経路で利用するバスシステムを示す行列を用いた。この行列はある任意のバス利用経路で、出発地で利用するバスシステム、乗りかえ後に利用するバスシステムを示す行列である。

これらの3つのバスマトリックスは、任意の経路について通過する道路区間を1、通過しない道路区間を0でそれぞれ行列表現するものである。バスマトリックスによって、任意の経路が通過する道路区間と所要時間、任意の道路区間を通過する経路、バスシステムが通過する道路区間と所要時間をそれぞれ知ることができる。たとえばつぎのようである。

①(i)バス利用の経路所要時間は、バス利用経路を示すバスマトリックスとバスを利用する場合の道路区間所要時間とによって求められる。

(ii)系統別道路区間乗客数は、バス利用経路を示すバスマトリックス、バスシステムを示すバスマトリックス、バス利用経路で利用するシステムを示す行列とバス利用経路別利用者数によって求められる。

②道路区間バス通過台数は、バスシステムを示すバスマトリックスと系統別運行本数によって求められる。

③(i)自家用車利用時の経路所要時間は、自家用車利用経路を示すバスマトリックスと自家用車の道路区間所要時間によって求められる。

(ii)道路区間自家用車通過台数は、自家用車利用経路を示すバスマトリックスと経路別自家用車台数によって求められる。

(2) マクロモデルを用いた試算結果と成果

つきに、ここで定式化したモデルを用いて、東西4本、南北3本の街路網、12ケのノードをもつ仮定の都市を想定し、ODトリップ数、4つのバスシステム、12ケースのバスレーン設置代替案を設定して、バスレーン網設置案のそれぞれについて、バス乗客数、バス必要台数、総所要人時間、総走行距離などに与える影響を試算した。

試算にもとづく成果は以下に述べるものである。

①バス利用者数について；(i)バスレーンを設置しない場合に比較して、全区間優先レーンでは約2%弱、全区間専用レーンでは約10%それぞれ増加する。すなわち、優先レーンよりも専用レーンの方がバス利用者数数の増加割合が著しく大きい。(ii)自家用車からバスへの転換を促進する効果は、一般に長区間に優先レーンを設置するよりも短区間に専用レーンを設置する方が有効である。

②バス延べ乗客数について；一部分専用レーンでも全区間優先レーンと同程度の効果があり、優先レーン増設よりも専用レーン増設の方が延べ乗客数増加に対する効果が大きい。

③バス必要台数について；(i)バスレーンを設置しない場合に比較して、全区間優先レーンで20%、全区間専用レーンで40%それぞれ少ないバス台数で輸送力を確保できる。(ii)延べ乗客数のバス必要台数に対する比、

すなわちバス1台あたりの輸送効率は、バスレーンを設置しない場合に比較して、全区間優先レーンで1.22倍、全区間専用レーンで1.77倍であり、専用レーンの方が優先レーンよりもはるかに高い。

④総走行距離について；(i)バスレーンを設置しない場合に比較して、全区間優先レーンではバスで0.6%増加するが自家用車で3.4%減少し、合計で3.3%減少する。同様に全区間専用レーンではバスで7%増加するが自家用車で33.3%減少し、合計で31.2%減少する。(ii)長い距離に優先レーンを設置するよりも、短距離に専用レーンを設置する方が総走行距離短縮に対する効果は大きい。(iii)都市内を走行する車の排気ガス総量は総走行距離に比例すると考えられるので、長区間優先レーン設置よりも短区間専用レーン設置の方が排気ガス減少に有効である。

⑤総所要時間について；バスレーンを設置しない場合に比較して、全区間優先レーンでは自家用車で23%増加するがバスで14%減少し、合計で12%減少する。同様に全区間専用レーンでは自家用車で24%増加し、バスで35%減少するため、合計で29%減少する。

以上から、一般にバス専用レーンは優先レーンよりも著しく効果が大きいといえる。また長区間にバス優先レーンを設置するよりも、短区間にバス専用レーンを設置する方が、バス乗客数の増加、総走行距離の減少、などに対する効果が大きいことを定量的に示すことができた。

ここで述べた成果は仮定の街路網をもつ都市におけるものであるが、一般的にバス優先レーンよりも専用レーンの設置の方が、上記各指標に与える効果が大きいといえる。

なお、バスレーンを設置しない場合、バス優先レーン設置の場合、バス専用レーン設置の場合、それぞれの $Q-V$ 式の係数の定め方によって、各指標のうける効果の大きさは変化する。また乗りかえ率の定め方によっても効果は変わるものと考えられる。 $Q-V$ 式の係数は実測値を用いているが、今後各地の調査を行なってこの値を検討する必要があると考えられる。

(3) モデルの改良

つぎに、ここで定式化したモデルを以下に述べる4つの点を考慮して改良・修正した。

①街路網が大きくなると、それに比例して幾何級数的にバス及び自家用車それぞれの利用経路数が多くなる。これはバスマトリックスが非常に大きくなることを意味している。このためバスマトリックスのための電子計算機の記憶領域は膨大になり、コア容量をこえることがある。そこで必要とされる記憶量を削減する必要がある。

②モデルではノードを交通の発生・吸収点としている。これを町や区などのゾーン単位にも適用することを考える必要がある。

③バス利用者が出発地でバス系統を選択する場合、早くバス停に来た方のバスに乗ると考えられる。この場合、バス系統利用率は平均待ち時間に反比例すると考えられる。

④モデルでは、全自家用車の利用者がバス利用へ転換する対象である。ところが実際は、バスレーンを設置してもバスに転換できない人、あるいは転換しない人がいる。そこでこの点を考慮して転換率を定める必要がある。

そこで4・3では、これら4つの点を考慮し、大規模な街路網にバスレーン網を設置する場合の影響を測定できるようにモデルを修正・改良した。このモデルもODトリップ数、バス路線、バスレーン網を与件とし、前節のモデルの前提条件にさらにつぎに述べる前提条件を設けた。

①都市内では公共交通機関としての路線バス並びに個別輸送機関としてのタクシー・自家用車が利用できる。

②主要道路は、中心部で格子状道路網を形成し、周辺部では格子状道路網周辺部のノードから放射状のびている。

③都市内はゾーンに分割されており、ゾーンのうちその中にノードを含むものを中心部ゾーン、それ以外を周辺部ゾーンと呼ぶ。

④中心部ゾーンで発生するトリップは発生地に最も近いノードから主要道路を利用する。周辺部ゾーンで発

生するトリップは発生地に最も近い放射状道路を利用して、格子状道路網外周部のノードから格子状道路網内へ流入する。吸収の場合も同様である。

⑤ゾーンから発生するトリップはゾーン内のどの部分からも一様な密度で発生する。吸収の場合も同様である。

⑥ODを結ぶ2本以上の経路が利用できる場合、任意の経路を選択する割合は、それぞれの経路のバス系統間の乗りかえを含めた待ち時間に反比例する。

⑦バスレーンを設置する場合、自家用車利用経路所要時間に対するバス利用経路所要時間の比が減少するとき、この比の減少分に比例して、ODトリップのうちバス専用利用及び自家用車専用利用のトリップを除いた自由選択トリップの一部がバス利用に転換する。

⑧放射状道路上の各点から格子状道路網への流入点までのバス並びに自家用車のそれぞれの所要時間は所与であり、これらは格子状道路網内のバスレーン設置によって変化しない。

以上が本モデルの前提条件である。

4・3で改良したモデルはつきに述べる3つのプロセスを前節のモデルにさらに追加並びに修正した。

① OD変換プロセス

このプロセスはつきに述べる3つのゾーン間ODトリップをそれぞれノード間ODトリップに変換するものである。

(i) バス専用利用トリップ

(ii) 自家用車専用利用トリップ

(iii) 自由選択ODトリップ……状況に応じてバス又は自家用車を利用するトリップ

前提条件にもとづいて、ノードの影響圏面積、ノード・ゾーン変換係数を定義し、これを用いてゾーン間ODトリップをノード間ODトリップに変換する。

② バス系統利用率算定プロセス

バス系統利用率すなわちバス利用者の経路選択率をつぎのように変更した。前節のモデルでは、運行本数に比例して与えたが、ここでは乗りかえを含む平均待ち時間に比例するものとした。

③ 転換率算定プロセス

このプロセスは前提条件にもとづいて、バスレーンが設置されたときに、自由選択トリップの一部がバス利用に転換する割合を算定する。

以上のプロセスでは、4・2と同じ自家用車利用経路バスマトリックス、バス利用経路のバスマトリックス、バス系統のバスマトリックス、バス利用経路・系統対応行列を用いた。このうち、自家用車利用、バス利用それぞれの経路のバスマトリックスはつきの点で4・2で提案したモデルのバスマトリックスと異なる。

(i) 経路が通過する道路区間を、通過すれば1、通過しなければ0でそれぞれ表現するのではなく、通過する道路区間を順番につらねたアーク列で表現する。

(ii) バス利用経路は自家用車利用の経路に含まれる。そこでバス利用の経路を、その通過する道路区間がすべて同じである自家用車利用経路の経路番号で表わし、その対応ベクトルで表現する。

これら2つの点によって、電子計算機利用時のバスマトリックスが占める記憶領域を削減した。また、大規模な街路網で、もれなく正確にバスマトリックスを作成する手法を開発した。

(4) 改良モデルを用いた試算とその成果

つきに東西6本、南北6本のノード数36の街路網を仮定し、上記の改良したモデルを用いてバスレーン網設置効果の試算を行なった。

バスレーンの設置に関して、(I)街路区間のバス通過台数がある一定以上で、一般車交通量がある一定台数以下の区間に設定する方法、(II)区間を通過するバス乗客数がある一定人数以上で、一般車交通量がある一定台数以下の区間に設定する方法、(III)区域を定めて区域内のすべての区間に設定する方法、の3つの設置基準に従っ

て、20ケースのバスレーン網を設定した。

試算の成果を以下に述べる。

総輸送人時間、総走行距離、バス必要台数、バス輸送効率、バス分担率などの輸送指標の試算結果はつぎの通りである。なおここで述べる各指標の増減割合は、バスレーンを全く設置しない場合との比較をしたものである。

①上記各指標はバスレーン設置延長に比例して減少あるいは増加する傾向にある。ただし、ある地域内の街路にバスレーンを設置する場合は、同じ設置延長のケースに比較して効果は約10%程度小さい。

②総輸送人時間；(i) 全区間バスレーン設置では約80%の減少である。(ii) バス利用者の輸送人時間の減少が総輸送人時間の減少に大きく寄与している。(iii) 区間の通過乗客数あるいは通過バス台数に下限を設定したバスレーン設置の方が、設置距離のわりに効果が大きい。

③総走行距離；(i) 全区間バスレーン設置では約30%減少する。(ii) 一般車通過台数に上限を設けずにバスレーンを設置する方が効果は大きい。(iii) 自家用車走行距離の減少が総走行距離の減少に大きく寄与している。

④バス必要台数；(i) 全区間バスレーン設置では約36%減少する。(ii) 区間のバス通過台数に下限を設けてバスレーンを設置する方が効果は大きい。

⑤バス輸送分担率；(i) 全区間バスレーン設置では約76%効率が低い。(ii) 一般の自動車交通量の多い区間にバスレーンを設置する方が設置延長の割に効果が大きい。

⑥バス分担率；(i) 全区間バスレーン設置では約10%増加する。(ii) 通過自動車交通量に上限を設けずにバスレーンを設置する方が分担率の増加が大きい。

⑦バスレーン設置区間を設定する場合、ある区域を定めて、その区域内の全区間にバスレーンを設置する方法は、設置距離の割に効果が少ない。各区間を通過する一般車の交通量、バス台数、バス乗客数などによって設置区間を決定する方が有効である。

(4) バスレーン網の総合評価

最後に、3・4で提案したバスレーン網設置案の総合評価の方法をここで得られた試算値に適用し、最適代替案になる候補の選出、並びに最適代替案が選ばれる限界面の変動をそれぞれ明らかにした。

まず4・2で得られた試算値を用いて、バス優先レーン設置案、バス専用レーン設置案、バス優先・専用レーン併用設置案の3つにおいて、バス専用レーンのみが最適代替案の候補となることがわかった。

つぎにバス乗客数、総走行距離、バス必要台数、総所要人時間など4つの評価項目間の比重、並びに各評価項目の便益度に対する損失度の代替率が、それぞれ変化するときの、最適代替案が選ばれる限界面の変動を明らかにし、つぎのことがわかった。

①バス乗客数に関する評価指数の比重 k_1 が増大するとともに、便益度に対する損失度の代替率 α がほぼ1以上では、短区間のバス専用レーン設置案が最適代替案として選ばれる。

② α がほぼ1以下では、 k_1 の増大とともに、全区間バス専用レーン設置案がより有利に最適代替案として選ばれる。

つぎに4・4で得られた試算値に3・4で述べたバスレーン網の総合評価方法を適用し、つぎのことがわかった。

①最適代替案の候補は、バス通過台数80台/時以上の基準による代替案R、S、Tの3つ、バス通過台数40台/時以上で自動車交通量に制限を設けない代替案Q、バス通過乗客数1,500人/時以上で自動車交通量に制限のない代替案N、全区間バスレーン設置の代替案A、の6つである。

②限界面の変化の状態から、全区間専用レーン設置案Aはほとんど最適代替案として選ばれる可能性が小さい。

③バス通過台数80台/時以上で一般車交通量750台/時以下の区間にバス専用レーンを設置する案Rでは、バス乗客数の評価指数に対する比重 k_1 が増大するにつれて、最適代替案となる領域は狭くなる。

④同様に、バス通過台数80台/時以上で一般車交通量に制限のないバスレーン設置案Tでは、 k_1 が増大する

とともに、最適代替案となる領域は広くなる。

なお現実には各便益度に対する損失度の代替率及び評価指数間の比重として、どのような値をとるべきかは明らかではない。これらは都市計画・交通計画などを総合して意志決定されるものと考えられる。この点についての研究は今後の課題である。

もし損失度の代替率並びに評価指数間の比重がそれぞれ定められるならば、ここで述べた代替率・比重と最適代替案の選ばれる限界面との関係から、最適代替案を決定できるものと考えられる。

第 4 章 参 考 文 献

- 1) 天野・銭谷・高野；バスレーン網の設置効果と総合評価に関する一研究、土木学会論文報告集、第240号、1975年8月、pp. 81～91.
- 2) Y. Zenitani, K. Amand, & Y. Takano ; A study on Decrease of Air Pollution by Bus Lane Network, Symposium on Environmental Systems Planning, Design and Control, Aug. 1977, International Federation of Automatic Control, forthcoming, Pergamon Press Ltd.
- 3) 飯田恭敬；バスフローを用いた等時間原則による交通量配分、土木学会論文報告集第168号、1969年8月、pp. 45～47.
飯田恭敬；交通量配分の諸原則とその近似計算法について、土木学会論文報告集、第195号、1971年11月 pp. 109～116.
- 4) 飯田恭敬；道路網交通流に関する基礎的研究、京都大学博士論文、昭和47年3月、p.52、 p.59.
- 5) 同 上 p.52、 pp. 60～61.
- 6) 佐佐木綱；都市交通計画、国民科学社、昭和49年4月、p.294.
- 7) 同 上 掲 3)
- 8) 高田弘；電子計算機を使用したシミュレーションによる道路交通流の解析、土木学会論文報告集第124号、昭和40年12月.
- 9) 八十島義之助・花岡利幸；交通計画、技報堂、昭和46年6月、p.175.
H. D. Quinby ; Traffic Distribution Forecasts—Highway and Transit, Traffic Eng., Vol.31 No 5, Feb. 1961, pp. 22～29.
- 10) 京阪神都市圏パーソントリップ調査委員会；京阪神都市圏パーソントリップ調査報告書
- 11) 天野・銭谷；バス優先レーンのシミュレーションモデルについて、土木学会関西支部年次学術講演会講演概要、昭和48年6月
- 12) 警察庁；路線バス等の優先通行帯および専用通行帯の設定とその効果の調査研究報告書、昭和48年3月
- 13) 関西情報センター；システム科学研究所；コンピュータによるバス運行管理システムの研究、研究報告書、pp.7～27, 昭和51年3月
- 14) 天野・銭谷・高野；バスレーン網のシミュレーションモデルに関する研究、土木学会関西支部年次学術講演会、講演概要、昭和51年5月
- 15) 高岸節矢・戸松稔；バス運行挙動に関する2、3の考察、土木学会論文報告集第199号、1979年3月
- 16) 森村英典・大前義次；応用待ち行列理論、pp. 60～61、日科技連、1975年4月
- 17) 同 上 掲 9)
- 18) 同 上 掲 13) pp. 28～60.
- 19) 同 上 掲 14)
- 20) 天野・銭谷・高野；大都市におけるバスレーン網設置効果に関する研究、土木学会第31回年次学術講演会、講演概要集第4部、昭和51年10月
- 21) 京都府警察本部交通部；バス優先対策のための調査分析、昭和50年3月
- 22) 京都市交通局；交通調査集計資料、p.1、昭和47年9月
- 23) 京都都市圏交通計画調査会；京都市圏交通計画調査報告書、p.45、昭和45年12月
- 24) 京都市都市計画局都市計画課；全国道路交通情勢調査、昭和43年版、昭和46年版
- 25) 同 上 掲 1) pp. 88～90.
- 26) 同 上 掲 18)

第 5 章 一系統のバスの運行挙動とそのバスレーン 設置効果に関する研究

5・1 概 説

第 4 章では、バスレーンの効果を都市規模で巨視的に測定するマクロモデルを提案し、仮想の格子状街路網に複数のバスレーン網設置案を想定し、バス必要台数、バス乗客数、総所要人時間、総走行距離などに及ぼすバスレーン網設置案それぞれの影響を試算した。これらの試算値は都市規模でみた巨視的なバスレーンの効果を明らかにし、効率的にバスレーンを設置する手助けとなる。

第 3 章で述べたように、都市内のバス輸送に対する不満についての調査によって、都市で通勤する人々が重視する要素は迅速性、快適性、確実性などであり、特に大都市ではとりわけ迅速性であるといえる。

都市に住む人々のバスに対する不満を解決するためには、まずバスの運行所要時間、乗客の待ち時間などの指標により運行状態を定量的に解析し、運行状態を改善する方策を講じる必要がある。

都市規模でのバスレーンの効果を巨視的に把握するための第 3 章、第 4 章のマクロモデルにより、バスレーン網を設置する場合の都市全体の輸送効率や経営面の改善効果などの有益な資料を得ることができた。しかし、第 4 章のモデルではバス停留所での乗客の待ち時間、満員通過のために積み残される人数、バスの運行所要時間とその偏差、バス停留所に到着するバスの時間間隔の正確さなど、個々のバスの運行がバスレーン設置によってどのような影響をうけるかを微視的に測定することはできない。

従ってこれらの諸指標に与えるバスレーン設置の影響を把握し、乗客の不満を解消するためのバス運行の改善に役立つ資料を得る必要がある。

第 3 章 3・3 で述べたように、バスレーンの効果を測定するモデルとして、①第 4 章で提案したマクロモデルのほかに、本章では②バス運行モデル、さらに第 6 章で③ミクロモデル、の 2 つのモデルを提案する。このうち③ミクロモデルは、ある限られた長さの街路区間においてバス並びに一般車の、それぞれ 1 台ごとの加速・減速などの動きを再現し、バス並びに一般車の交通に関する指標、たとえば表定速度、区間走行時間、バス乗客の待ち時間などを解析するシミュレーションモデルである。このミクロモデルと本章のバス運行モデルの違いは、前者では発進時の加速や、信号・バス停留所に接近するときの減速・制動を考慮するが、後者ではこれらを考慮せずに、一般車の交通量との関係から定まる表定速度でバス停間を走行させる点である。

本章で提案する上記②のバス運行モデルは、任意のバス系統に注目して運行所要時間、バス停留所到着時間間隔の偏差、だんご運転回数、乗客の積み残し数、乗客の平均待ち時間などのバスの運行挙動を解析するものである。

まず 5・2 では、バス運行モデルの概要を述べる。本モデルは各バス停留所の乗降客数、各バス停間の一般車交通量、バスの運行本数・発車間隔・必要台数などを与件とし、前記のバス運行の挙動を解析する。本モデルではのちに 5・2・2 の(1)に述べる種々の仮定を設け、この仮定にもとづいてバスの区間表定速度、バス停の乗降人数並びに乗降時間、バスの停車時間、乗客の待ち時間、積み残し乗客数、だんご運転生起回数などを定式化する。

5・3 では、5・2 に提案するモデルをある簡単な街路網内を運行する任意のバス系統に適用する。すなわちバス運行改善の諸方策、たとえばバスレーン設置、乗降ドア幅の拡大、だんご運転時にバス同士の追越を認めるバス運行方式の変更、などがバスの運行所要時間、バス停到着時間間隔、だんご運転回数、乗客の平均待ち時間、積み残し乗客数などに与える影響を試算する。

試算における与件は、各バス停の乗車人数並びに降車人数、各バス停間の一般車交通量であるが、ここでは 4・2・4 のマクロモデルによるアウトプットをデータとして用いる。

試算ケースとして、バスレーン設置の有無、乗降ドア幅の大小、バス同士の追越を許すか許さないか、をそ

れぞれ組合わせて合計8つのケースをつくる。つぎにバス停乗車人数の2種類とバス発車間隔の3種類について6つの組合わせをつくる。前の8つの組とで合計48のケースを設定する。

48ケースそれぞれについて、上記のバス運行に関する諸指標を試算し、前記3つのバス運行改善策を比較検討する。

つぎに5・4では、5・2で提案するモデルをある都市内を現実に行き通るバス系統に適用して、前記の3つのバス運行改善策がバス運行所要時間、バス停到着時間間隔、だんご運転回数、乗客の平均待ち時間、積み残される乗客数などに与える影響を試算する。

試算の与件として、4・4のマクロモデルの試算結果から得られるデータ、並びに試算の対象とした系統の各バス停における乗降人数の実績値などをインプットデータに用いる。

試算ケースとして、4・4で設定したバスレーン網設置案の中から任意に6つのバスレーン設置案を選び出し、それぞれの設置案について乗降ドア幅の大小、だんご運転時のバス同士の追越の有無に関して4つの組合わせをつくり、合計24ケースを設定する。

試算結果を用いて、それぞれのケースのバス運行改善策がバスの運行所要時間、1台平均の積み残し数、だんご運転生起回数、乗客の平均待ち時間などに与える影響を比較検討し、3つの方策それぞれの優劣を考察する。

最後に5・5では、バスレーン設置に注目して5・3並びに5・4におけるバス運行に関する諸指標の試算値に、3・4で提案した総合評価の方法を適用して、1つのバス系統におけるバスレーン設置案の評価を行なう。

まず5・5・2では、4・2・4で設定した簡単な街路網にバス優先レーンや専用レーンを設置する9つのバスレーン設置案に対して、ある任意のバス系統に着目して、5・2で提案するモデルを用いてバスの運行所要時間、バス必要台数、バス1台平均積み残し乗客数、乗客の平均待ち時間など、4つのバス運行に関する指標を試算する。バスレーン設置によるこれら4つの指標それぞれの減少度を便益度とし、バス系統の運行する道路区間におけるバスレーン設置に伴う一般車の交通容量の低下を損失度とし、バスレーン設置案の評価を行なう。

5・5・3では、4・4で設定した大規模な街路網にバス専用レーンを設置する案の中から、任意に10種のバスレーン設置案を選び出し、5・4の試算と同じバス系統に着目してバスの運行所要時間、バス必要台数、バスのバス停到着時間間隔の偏差、乗客の平均待ち時間などの4つの指標を5・2で提案するモデルを用いて試算する。これら4つの試算値から、バスレーン設置に伴うそれぞれの指標の減少を便益度とし、一般車の交通容量低下を5・5・2と同様に損失度とする。

5・5・2並びに5・5・3では、それぞれ便益度と損失度との関係を3・4で提案した一つの評価指数で表現し、評価指数を最小にする最適代替案の候補を選び出す。

つぎに、この候補案に対して乗客の待ち時間の評価指数における便益度に対する損失度の代替率、並びに待ち時間の評価指数に対する比重がそれぞれ変化したとき、最適代替案が選ばれる限界面の変動を明らかにする。この限界面の変化の様子から、どのバスレーン設置案が最適代替案になる可能性が大きいのかについて考察する。

5・2 バス運行モデル 1),2)

まず5・2・1で本モデルの概要について述べる。つぎに、5・2・2でモデルの種々の仮定について説明する。5・2・3では5・2・2の諸仮定のもとつきモデルを定式化する。

5・2・1 本モデルの概要

モデルの概要を述べる前に、ここで用いる語句をまず説明する。

(1) 語句の定義

ここでは、本章のバス運行モデルに関連する語句を以下のように定義する。

①バス系統；ある定められた順路を走行するバスの集合をいう。

②バス停留所；バスが乗客を乗車させたり、降車させるための施設であり、さらにつぎの4つに区別する。
(図5・2・1 参照)

(i) 始発バス停 S_0 ；バス系統のバス
が出発する停留所であり、ここから
乗客を乗せ始める。

(ii) 最終バス停 S_n ；始発バス停と同じ
位置にあり、全乗客が降車する
停留所。

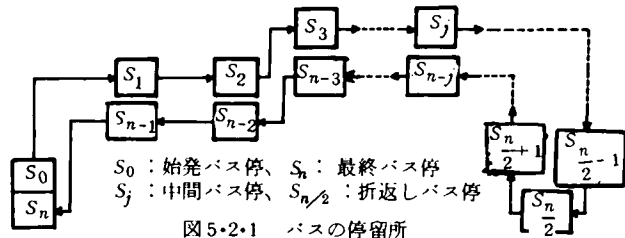


図5・2・1 バスの停留所

(iii) 折返しバス停 $S_{\frac{n}{2}}$ ；バス系統の運行路線において、始発バス停と最終バス停の中間にある停留所。

(iv) 中間バス停；上記3つのバス停を除いたバス停留所。

③区間；バス停留所相互間の方向を考慮した道路区間の一部分である。

④区間距離；バス停留所相互間の距離をいう。

⑤運行本数；バス系統の1時間あたりの運行本数。

⑥必要台数；運行本数を維持して運行するのに必要な系統のバス台数。

⑦乗車可能容量；バスに乗車可能な最大乗客数。

⑧乗車サービス；停留所でバスが乗車用の扉を開いて乗客を乗せることをいう。

⑨降車サービス；停留所でバスが降車用の扉を開いて乗客を降ろすことをいう。

⑩だんど運転；前のバスが乗車サービス並びに降車サービスを完了する時刻以前に、後からバスが停留所に到着する状態である。

⑪積み残し；乗車可能容量をこえるために停留所で待つ乗客の一部が乗車できない状態をいう。積み残された乗客の人数を積み残し乗客数と呼ぶ。

⑫バス同士の追越；だんど運転が生じるときに、停車中のバスを後続バスが追越して走行する運行形態である。

⑬乗車時間；これは積み残しが生じるか、それとも生じないかでつきの2つの場合がある。

(i) 積み残しが生じない時；バス停で待つ乗客が全員乗車するのに要する時間。

(ii) 積み残しが生じる時；乗車定員まで乗車可能な人数がすべて乗車する時間。

⑭初期停車時間；これは乗車、降車それぞれのサービスを同時に行なう場合と、降車サービス完了後乗車サービスを行なう場合の2つがあり、のちに5・2・2の2で説明する。

⑮停車時間；初期停車時間、初期停車時間中にバス停に到着する乗客の乗車時間、だんど運転時の前のバスが発車するのを待つ時間、これら3つの時間の和をいう。

⑯運行所要時間；始発バス停を出発して最終バス停に到着するまでの時間をいう。

⑰運行状態；バス停間の走行、だんど運転、乗車サービス、降車サービス、バス停留所到着時刻などを含めた状態である。

⑱一般車；バス、緊急のための自動車を除いた自家用乗用車、タクシー、貨物自動車などを総称して一般車と名付ける。

⑲一般車交通量；区間を走行する1時間あたりの一般車通過台数である。

⑳バス停到着時間間隔；前のバスがバス停に到着してからつきのバスが到着するまでの時間である。

㉑乗客の待ち時間；乗客がバス停に着いてからバスに乗車するまでの時間である。

つぎにモデルの概要を述べる。

(2) モデルの概要

ここで提案するモデルは、1つのバス系統の各バス停での乗車人数、降車人数、バス停間の一般車交通量を与えられるとき、各バス停及びバス1台ごとに乗客の平均待ち時間、積み残し乗客数などの乗客に対するサー

バス指標、及び運行所要時間、だんご運転回数、バス停到着時間間隔の偏差などのバスの運行挙動を解析するものである。

本モデルでは、バス停間のバスの走行方法が3・3・5に述べたのちに第6章で詳しく説明するマイクロモデルと異なる。マイクロモデルでは、バス並びに一般車のそれぞれ1台ごとの加速・減速などの動きを1秒ごとに把握し、区間走行時間などを解析する。ところが、本章のモデルはバスのみに注目し、バス停間の一般車交通量とバスの表定速度の関係を用いて、バス停間のバスの区間走行時間を求める。

モデルの電子計算機を用いた実行方式は、マイクロモデルはタイムシーケンスであるが、本章のモデルはイベントシーケンスであり、この点でもマイクロモデルと異なる。

このモデルは、各バス停での乗車・降車人数、バス必要台数、運行本数、各バス停間の一般車交通量などを与件とするが、これらの値としてはすでに4・2並びに4・3で提案したマクロモデルのアウトプットを与件として用いることができる。このマクロモデルとバス運行モデルとの関係を図5・2・2に示す。

図において、マクロモデルDから得られた結果Eを、ODトリップのうちバス利用ODトリップについてノード別の発生・吸収から各バス停の乗車・降車人数に変更して、データE'を得る。このE'をバス運行モデルHに入力し、解析結果Iを得る、なお諸仮定Gは次節で述べる。

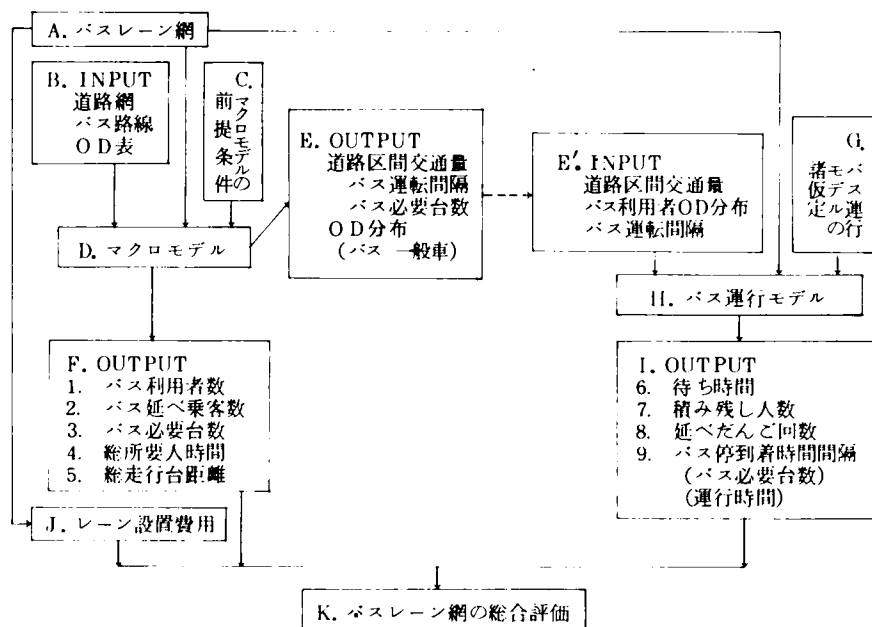


図5・2・2 マクロモデルとバス運行モデルの関係

5・2・2 バス運行モデルの諸仮定

ここでは、バス運行モデルの諸仮定並びにバス停間及びバス停におけるバス運行状態の仮定について述べる。

(1) 本モデルの諸仮定

モデルでは以下に述べる種々の仮定を設ける。

① バス系統とバス停留所

(i) たとえば図5・2・3に示すように、都市内部を往復運行するバス系統を対象とする。

(ii) バス停留所には始発バス停、折返しバス停、最終バス停並びに複数の中間バス停を設ける。

(iii) 始発バス停と最終バス停は同じ位置である。

②一般車交通量、バスの乗車・降車人数、それぞれの時間的変化は考慮しない。

③各バス停では、対象とする1系統のバスは他系統のバスによって運行上の影響を受けない、換言すれば、各バス停には対象とするバスのみが発着する。

④乗降ドア幅の拡大やだんご運転時のバス同士の追越などにより、バスの運行が改善されてもバス乗客数と一般車交通量は変化しない。

⑤バス停への乗客の1分間あたり到着人数はポアソン分布に従う。³⁾

⑥各バス停でのバス1台あたりの降車人数は正規分布に従う。^{2),3)}

⑦乗車並びに降車に必要な時間は、乗降用ドア幅の大きさと乗降人数のみの影響を受ける。^{3),4)}

⑧乗車及び降車のサービスをするためのバス停留所のバース数は十分に大きいものとする。

⑨バスの乗車可能容量は一定とする。

⑩各バス停において始発バスが到着する時刻を定める。この到着時刻よりバス運転間隔分だけ早い時刻を起点とし、乗客は各バス停に到着し始める。

これらの諸仮定とつきに述べるバスの運行状態に関する仮定を設ける。

(2) バス停間及びバス停における運行状態に関する仮定

バスの運行状態に関して、以下に述べるバスの走行、バス停における乗車サービス・降車サービスの仮定を設ける。

(a) バスの走行

①各バスは始発バス停を等時間間隔で発車する。

②各バス停間の走行所要時間は、各バス停間の一般車交通量とバスの平均速度との関係から定まるバスの速度と、区間距離から求められる。なおこのバス停間の走行時間は正規分布に従う。^{2),3)}

③バスがバス停留所に近づく時の減速・制動や、発進時の加速などは考慮しない。

(b) バス停における乗車サービス・降車サービスの状態

①乗車可能容量以上はバス停で待つ乗客は乗車できずに積み残される。

②中間バス停ではだんご運転でない場合には乗降サービスを同時に行なう、折返しバス停では降車サービス完了後乗車サービスを始める。

③折返しバス停並びに最終バス停ではすべての乗客が降車する。

④中間バス停における、だんご運転時の乗車・降車サービスはつきのように行なう。

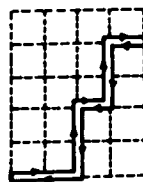
(i) バス同士の追越を認めない場合(図5・2・4(1)参照) 後のバスはバス停に到着すればまず降車サービスを行なう。この降車が完了する時刻に前のバスがすでに発車しているか否かによってつきの2つの場合にわかれる。

イ) 前のバスがすでに発車している場合(図5・2・4(1) a) 参照) ; 降車サービス完了後ただちに乗車サービスを開始する。

ロ) まだ前のバスが停車中の場合(図5・2・4(1) b) 参照) ; 前のバスが発車するまで待機し、前のバスの発車後ただちに乗車サービスを開始する。

(ii) バス同士の追越を認める場合(図5・2・4(2)参照) 追越はバス停でのみ行なう。後のバスはバス停に到着すれば、まず降車サービスを行なう。降車サービスが完了する時刻に前のバスがすでに発車しているか否かによりつきの2つの場合に分かれる。

イ) 前のバスがすでに発車している場合(図5・2・4(2) c) 参照) ; 後のバスは降車サービス完了後ただちに乗車サービスを開始する。



— バス系統

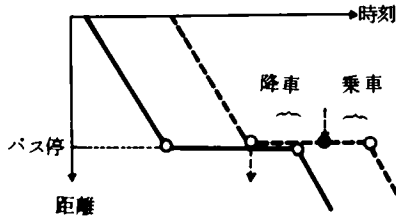
--- 都市の街路網

図 5・2・3 モデルの対象区間

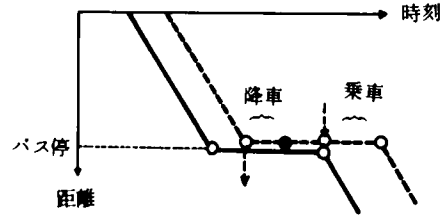
ロ) まだ前のバスが停車中の場合 (図 5・2・4 (2) d) 参照) ; 後のバスは乗車サービスを行わずに前のバスを追越して発車する。

(1) 追越を認めない場合

(a) 後のバスの降車サービスが完了した時、
前のバスがすでに発車した後である場合。

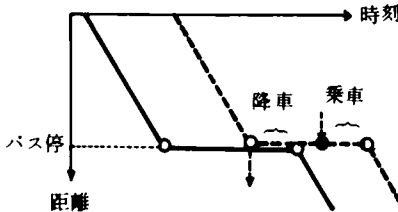


(b) 後のバスの降車サービスが完了した時、
前のバスが停車中である場合。



(2) 追越を認める場合

(c) 後のバスの降車サービスが完了した時、
前のバスがすでに発車した後である場合。



(d) 後のバスの降車サービスが完了した時、
前のバスが停車中である場合。

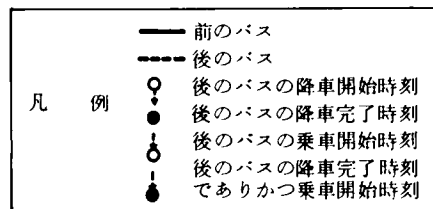
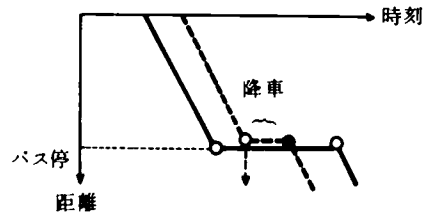


図 5・2・4 中間バス停におけるだんご運転時の後のバスの乗降サービスの方法

⑤初期停車時間は、乗車・降車サービスを同時に行なう場合と、降車サービス完了後乗車サービスを行なう場合でつきの2つに分かれる。

(i) 乗車・降車サービスが同時の場合、つきの2つに分かれる。

イ) 積み残しが生じないとき；乗車開始時刻以前から待つ乗客が全員乗車する時間と、降車に要する時間のうち長い方の時間である。

ロ) 積み残しが生じるとき；積み残しが生じるまでに乗車するのに要する時間と、降車に要する時間のうち長い方の時間である。

(ii) 降車サービス完了後、乗車サービスを行なう場合；乗車開始以前から待っている人が乗車する時間である。なおこの乗車に要する時間は5・2・1(1)で定義した乗車時間である。

⑥折返しバス停におけるだんご運転時の乗車・降車サービスはつきのように行なう。

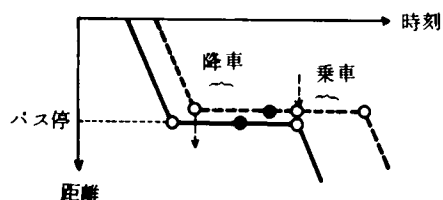
(i) バス同士の追越を認めない場合；上記④中間バス停におけるだんご運転時の乗車・降車サービスと同様のサービスを行なう。

(ii) バス同士の追越を認める場合（図5・2・5参照）後のバスはバス停到着後ただちに降車サービスを始める。
この降車サービスが完了したとき、前のバスが降車サービスを完了しているか否かによりつぎの2つに分かれる。

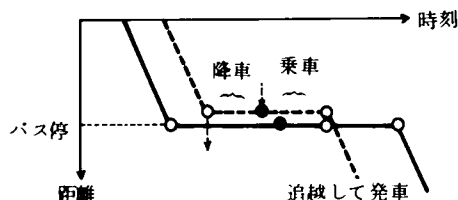
イ) 前のバスがすでに降車サービスを完了している場合（図5・2・5(a)参照）；前のバスが発車後ただちに乗車サービスを開始する。

ロ) まだ前のバスが降車サービスを完了していない場合（図5・2・5(b)参照）；前のバスを追越して乗車サービスをただちに開始する。なお追越した先にすでに乗車サービス中のバスがある場合、そのバスの発車後ただちに乗車サービスを開始する。(図5・2・5(c)参照)

(a) 前のバスがすでに降車サービスを完了している場合。



(b) まだ前のバスが降車サービスを完了していない場合。



(c) (b)の状態を追越した先に、また乗車サービス中のバスがいる場合。

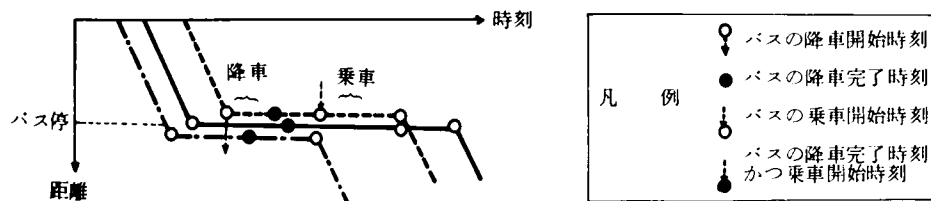


図5・2・5 折返しバス停での、だんご運転時、後のバスの乗降サービスの方法

⑦バス停で乗車対象となる乗客は、バスの乗車サービス開始時刻以前にバス停に到着していた乗客と、初期停車時間中に到着した乗客である。

以上がモデルの諸仮定である。

5・2・3 モデルの定式化とバスのサービス指標の計算方法

ここでは、5・2・2で述べたモデルの諸仮定にもとづきバス運行モデルを定式化し、乗客の待ち時間、積み残し乗客数などのサービス指標の計算方法について述べる。

(1) モデルの定式化

5・2・2で述べた諸仮定にもとづいてバス運行モデルを定式化する。まず本モデルのフローチャートを図5・2・6に示す。

モデルでは図5・2・6その1に示されるように、各バスごとにバス停間の走行時間を計算しバスの停留所到着時刻を求める。つぎに各バス停での乗車・降車サービスそれぞれの所要時間を計算し、停車時間を定める。そしてバス停を発車する時刻を決定する。以上の計算過程を各バスそれぞれに対して最終バス停までくり返し、各バス停での到着時刻・停車時間・発車時刻・バス停間走行時間を計算する。

なお各バス停では図5・2・6 その2に示されるように、5・2・2のバス停での乗降サービスに関する仮定にもとづいて、乗客の乗車・降車時間、停車時間を計算しバスの発車時刻を決定する。またバス停では前のバスが発車してからつぎのバスが到達するまでに、バス停に到着する乗客数、乗客の待ち時間、積み残し乗客数、乗車人数などを計算する。

以下に定式化の数式について説明する。

本モデルではバス同士の追越を認める場合についても考慮するため、始発バス停を発車するときのバスの順番と途中の中間バス停などでのバスの順番に相違が生じる。そこで以下に示すようにそれぞれのバスを区別するために番号をつける。

(a) バス番号

それぞれのバスをつぎのように区別する。

1) 区間*j*における番目バス

始発バス停のつぎのバス停をバス停1とし、順にバス停に番号をつける。

バス停*j*-1とバス停*j*の間の区間を区間*j*と呼ぶこととする。

区間*j*における番目バスとはバス停*j*-1を番目に発車したバスである。もしバス停*j*-1の発車時刻が同じバスがある場合、バス停*j*-2の発車順序に従って順番をつける。以下同様にして、さかのぼったバス停での発車順序によって番号は定められる。

2) 第*i*'号バス

第*i*'バスとは始発バス停を*i*'番目に発車するバスである。

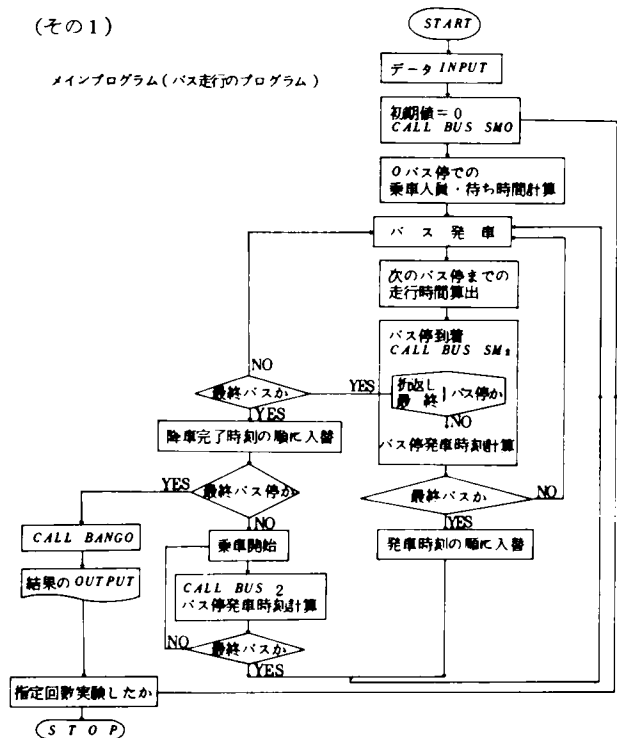
3) 乗車対象バスの番号づけ

まず、バス停*j*で追越を行なわないバスをバス停*j*での乗車対象バスと定義する。

追越をする場合、しない場合で乗車

(その1)

メインプログラム (バス走行のプログラム)



サブプログラム (バス停でのプログラム)

BUS SM2

(その2)

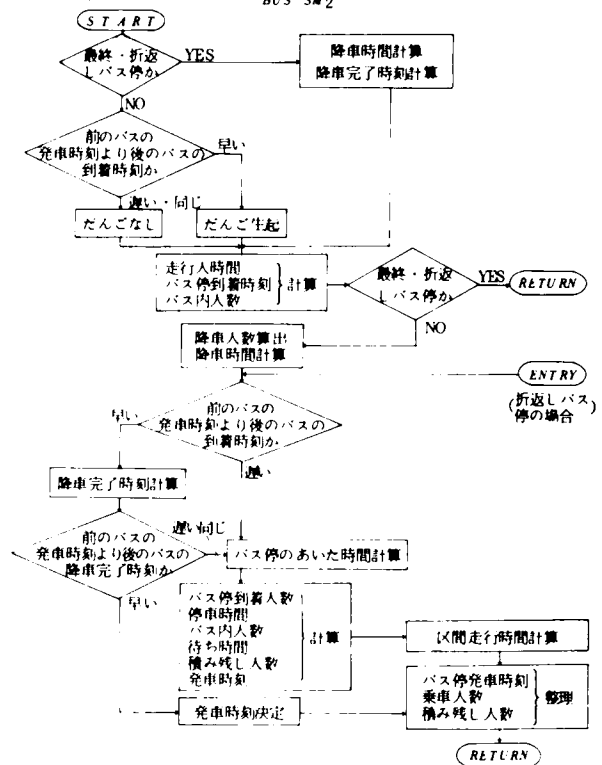


図5・2・6 シミュレーションモデルのフローチャート

対象バスには次の2つの場合がある。

(i) 追越をしない場合

区間 j における i 番目バスがバス停 j での i 番目乗車対象バスである。

i 番目バスであり、かつ i 番目乗車対象バスを「乗車対象である i 番目バス」と呼ぶことにする。

(ii) 追越をする場合

区間 j における i 番目バスがバス停 j で $i-1$ 番目乗車対象バスを追越するとき、 $i-1$ 番目乗車対象バスは i 番目乗車対象バスを兼ねる。

つぎに、始発バス停発車時刻、バスの区間表定速度と区間走行時間、バス停における乗車人数と降車人数、バス停における停車時間、バス停発車時刻などの定式化を以下に述べる。

(b) 始発バス停発車時刻

1時間あたりのバスの運行本数を E とすれば等間隔発車の仮定から始発バス停でのバスの発車間隔 τ は秒単位で次式で示される。

$$\tau = 3600 / E \quad \dots\dots\dots (5.2.1)$$

始発バス、すなわち第1号バスが始発バス停を発車する時刻 T_{10} 秒を次式であらわす。

$$T_{10} = \tau \quad \dots\dots\dots (5.2.2)$$

つぎに第 i 号バスの始発バス停発車時刻 T_{i0} 秒を次式で示す。

$$T_{i0} = \tau \cdot i \quad \dots\dots\dots (5.2.3)$$

(c) バスの区間表定速度と区間走行時間

区間 j のバスの区間表定速度 V_j は、第4章のモデルと同様に式(5.2.4)とする。

$$V_j^e = a^e Q_j + b^e \quad \dots\dots\dots (5.2.4)$$

ここに、 Q_j ；区間 j の一般車交通量(台/時)

e ；バスレーン設置状態を示すサフィックス

$e=0$ ；混合交通、 $e=1$ ；バス優先レーン設置、 $e=2$ ；バス専用レーン設置

V_j ；区間 j のバス区間表定速度(m/分)

a^e 、 b^e ； $Q-V$ 式の定数

なお以下の各式では煩雑になるので、バスレーンの設置状態を示すサフィックスを省略する。

ところで V_j はバス停での停車時間を含む表定速度である。本章のモデルではバス停における停車時間を除いた区間走行速度の平均 V_j' を用いる必要がある。

そこで各バス停の平均停車時間の合計 T_S 分を運行所要時間から差し引き、前記の速度 V_j をつぎのように補正する。

区間 j の距離 l_j と速度 V_j を用いると、運行所要時間の平均は $\sum_{j=1}^n (l_j / V_j)$ で与えられるので、これと停車時間の合計 T_S を用いて次式のように V_j を求めることにする。

$$V_j' = V_j \cdot \frac{\sum_{j=1}^n (l_j / V_j)}{\{ \sum_{j=1}^n (l_j / V_j) - T_S \}} \quad \dots\dots\dots (5.2.5)$$

ここに、 l_j ；区間 j の距離(m)、 n ：バス停留所総数

V_j' を用いると区間走行時間の平均 \bar{T}_j 分は次式で示される。

$$\bar{T}_j = l_j / V_j' \quad \dots\dots\dots (5.2.6)$$

外生的に与えられる区間走行速度の偏差を v_j 、区間の走行速度の上限、下限を $V_j' + v_j$ 、 $V_j' - v_j$ とし、区間走行時間の偏差 DT_j を次式のように定めることとする。

$$DT_j = \frac{1}{2} \left(\frac{l_j}{V_j' - v_j} - \frac{l_j}{V_j' + v_j} \right) \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 7)$$

仮定から走行時間は正規分布をするので、 i 番目バスの区間 j の走行時間 T_{ij} 分は次式に示す平均 \bar{T}_j 、偏差 DT_j の正規乱数から求められる。^{5),6)}

$$T_{ij} = \bar{T}_j + DT_j \cdot \sqrt{-2 \ln(x_{i1})} \cdot \sin(2\pi x_{i2}) \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 8)$$

ここに、 x_{i1}, x_{i2} ；一様乱数、 $x_{i1} \neq x_{i2}$ 、 $0 \leq x_{i1}, x_{i2} < 1$

i 番目バスがバス停 j に到着する時刻 T_{ij}' 秒は、そのバスがバス停 $j-1$ を発車した時刻 T_{ij-1} 秒に区間走行時間 T_{ij} を秒単位に変換して加え、次式で示される。

$$T_{ij}' = T_{ij-1} + T_{ij} \times 60 \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 9)$$

(d) バス停における乗車人数と降車人数

1) 到着人数

まず、バス停の1分間あたり到着人数を以下のようにして求める。

バス停への1分間の到着人数は仮定⑤のもとについて、各バス停 j ごとに平均 M_j のポアソン分布に従うポアソン乱数を発生させて決定する。なお1分未満の端数時間については、比例配分して端数時間の到着人数を定めることとする。

平均 M_j のポアソン乱数は次式を満足する整数 μ_j で与えられる。^{5),6)}

$$e^{-M_j} \left(1 + M_j + \frac{M_j^2}{2!} + \dots + \frac{M_j^{\mu_j-1}}{(\mu_j-1)!} \right) \leq X_j < e^{-M_j} \left(1 + M_j + \frac{M_j^2}{2!} + \dots + \frac{M_j^{\mu_j}}{\mu_j!} \right)$$

ここに、 X_j ；一様乱数、 $0 \leq X_j < 1$ (5 \cdot 2 \cdot 10)

2) 初期停車時間中にバス停に到着する人数

バス停 j において、 i 番目バスの乗車サービス開始時刻、初期停車時間、発車時刻をそれぞれ T_{ij}'' 、 s_{ij} 、 T_{ij} とする。

バス停 j で、 $(j-1)$ 番目のバスが発車した時刻 T_{i-1j} 秒から、 i 番目バスが乗車サービスを開始する時刻 T_{ij}'' 秒までの時間を h_{ij} 秒とする。

$$h_{ij} = T_{ij}'' - T_{i-1j} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 11)$$

h_{ij} を分単位に変換した h_{ij}^m 分を次式に示す。

$$h_{ij}^m = h_{ij} / 60 \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 12)$$

h_{ij}^m の整数部分を T_1' 分とする。

$$T_1' = [h_{ij}^m] \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 13)$$

ここに $[h_{ij}^m]$ は h_{ij}^m の整数部分を表す。

この T_1' と h_{ij} を用いて t_{ij} 秒を次式であらわすこととする。

$$t_{ij} = h_{ij} - T_1' \times 60 \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 14)$$

また T_1' に1分、2分を加えた時間を T_2', T_3' とし、次式に示す。

$$T'_2 = T'_1 + 1, \quad T'_3 = T'_1 + 2 \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 15)$$

h_{ij} と初期停車時間 s_{ij} 秒との合計を分単位に変換し、その整数部分を T_E 分とする。

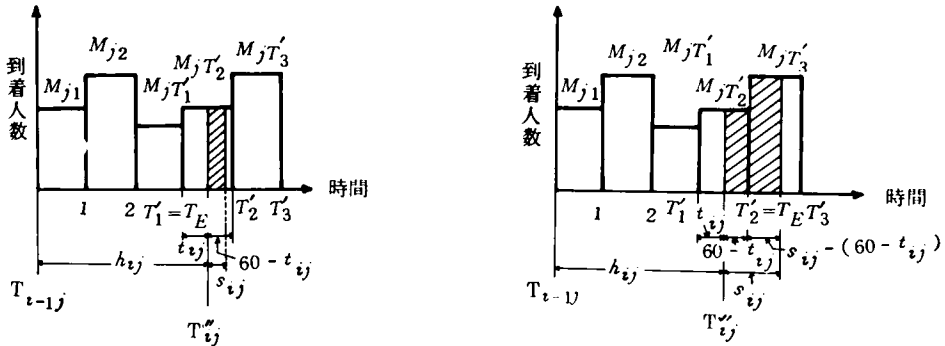
$$T_E = \lfloor (h_{ij} + s_{ij}) / 60 \rfloor \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 16)$$

ここに、 $\lfloor (h_{ij} + s_{ij}) / 60 \rfloor$ は $(h_{ij} + s_{ij}) / 60$ の整数部分を表わす。

以上の時間・時刻は図5・2・7に示すようである。

(a) $s_{ij} \leq 60 - t_{ij}$ のとき

(b) $T_E = T'_2$ のとき



(c) $T_E \geq T'_3$ のとき

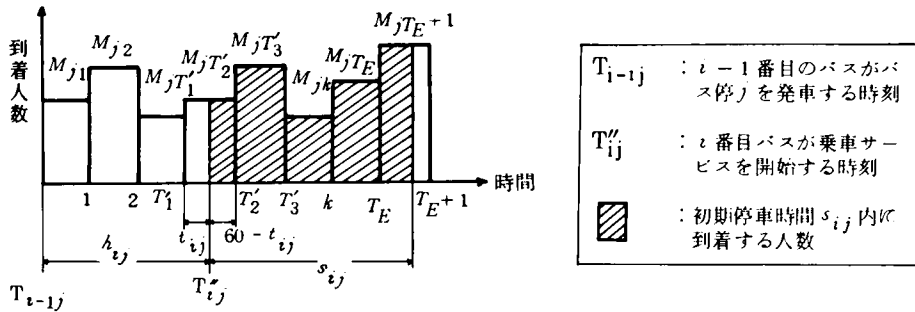


図5・2・7 初期停車時間内に到着する人数

バス停 j で前のバスが発車後、 $k-1$ 分から k 分の間に到着する人数を M_{jk} とする。

M_{jk} は式(5・2・10)で平均 M_j のポアソン乱数から求められる。

バス停 j で初期停車時間 s_{ij} 秒の間に到着する人数 MB_{ij} は、 s_{ij} が図5・2・7に示す $60 - t_{ij}$ よりも小さいか大きいかでつきの2つの場合に分けて求められる。

(i) $s_{ij} \leq 60 - t_{ij}$ の場合(図5・2・7(a)参照)

乗客は1分間に平均して到着するという仮定から、 T'_2 分に到着する人数 $M_{jT'_2}$ を1分すなわち60秒間のうち s_{ij} 秒間に比例配分することとし、次式に示す。

$$MB_{ij} = M_{jT'_2} \cdot s_{ij} / 60 \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 17)$$

(ii) $s_{ij} > 60 - t_{ij}$ の場合

この場合式(5・2・16)の T_E が式(5・2・15)の T'_3 よりも小さいか大きいかでつきの2つに分けて MB'_{ij}

を求める。

イ) $T_E = T'_2$ のとき (図 5・2・7 (b)参照)

このときは同様に T'_2 分に到着する人数 $M_{jT'_2}$ を $60 - t_{ij}$ 秒間に、 T'_3 分に到着する人数 $M_{jT'_3}$ を $s_{ij} - (60 - t_{ij})$ 秒間にそれぞれ比例配分した合計が到着人数となり、次式で示される。

$$MB_{ij} = M_{jT'_2}(1 - t_{ij}/60) + M_{jT'_3}\{s_{ij} - (60 - t_{ij})\}/60 \quad \cdots \cdots \cdots (5 \cdot 2 \cdot 18)$$

ロ) $T_E \geq T'_3$ のとき

このときも同様に T'_2 分に到着する人数 $M_{jT'_2}$ を $60 - t_{ij}$ 秒間に $T_E + 1$ 分に到着する人数 M_{jT_E+1} を $\{s_{ij} - (60 - t_{ij}) - 60(T_E - T'_3)\}$ 秒間に比例配分し、 T'_3 分から T_E 分までの到着人数を加えて次式で示すこととする。

$$MB_{ij} = M_{jT'_2}(1 - t_{ij}/60) + \sum_{k=T'_3}^{T_E} (M_j^k) + M_{jT_E+1}\{s_{ij} - (60 - t_{ij}) - 60(T_E - T'_3)\}/60 \quad \cdots \cdots \cdots (5 \cdot 2 \cdot 19)$$

3) 乗車人数と積み残し乗客数

バス停 j で $(i-1)$ 番目バスが積み残した乗客数を MR_{i-1j} とする。

バス停 j において乗車対象である i 番目バスを待つ乗客数 MA_{ij} は、図 5・2・7 で 1 分から T'_1 分までの到着人数、 T'_2 分の到着人数のうち t_{ij} 秒間に比例配分した人数、初期停車時間中の到着人数 MB_{ij} 並びに MR_{i-1j} を加えた人数であり次式で示される。

$$MA_{ij} = \sum_{k=1}^{T'_1} M_{jk} + M_{jT'_2} \cdot t_{ij}/60 + MB_{ij} + MR_{i-1j} \quad \cdots \cdots \cdots (5 \cdot 2 \cdot 20)$$

i 番目バスが $(j-1)$ バス停を発車したときのバスに乗車している乗客数を L_{ij-1} とする。

バス停の降車人数は仮定から正規分布をする。バス停 j のバス 1 台平均降車人数を \bar{N}_j 、分散を σN_j^2 とすれば、 i 番目バスのバス停 j における降車人数 G_{ij} は平均 \bar{N}_j 、分散 σN_j^2 の正規乱数から求められるので次式で示される。^{5),6)}

$$G_{ij} = \sigma N_j \sqrt{-2 \ln(x_{j1})} \sin(2\pi x_{j2}) + \bar{N}_j \quad \cdots \cdots \cdots (5 \cdot 2 \cdot 21)$$

ここで、 x_{j1}, x_{j2} ; 一様乱数

$$0 \leq x_{j1}, x_{j2} < 1, x_{j1} \neq x_{j2}$$

バスの乗車可能容量以上にはバスに乗れないので、乗車対象である i 番目バスの積み残し乗客数 MR_{ij} はバス停 $j-1$ を発車したときの乗車数 L_{ij-1} 、バス停 j の降車人数 G_{ij} と式 (5・2・20) の MA_{ij} を用いて次式で示される。

$$MR_{ij} = \max\{(L_{ij-1} - G_{ij} + MA_{ij} - M_{max}), 0\} \quad \cdots \cdots \cdots (5 \cdot 2 \cdot 22)$$

ここで、 M_{max} ; バスの乗車可能容量

(i) 積み残しが生じる時の乗車対象である i 番目バスの乗車人数 MW_{ij} は、図 5・2・8 (a) で示されるように MA_{ij} から積み残し乗客数 MR_{ij} を差し引いた人数であり、次式で示される。

$$MW_{ij} = MA_{ij} - MR_{ij} \quad \cdots \cdots \cdots (5 \cdot 2 \cdot 23)$$

(ii) 積み残しが生じない場合、乗車人数は次式で示される。(図 5・2・8 (b)参照)

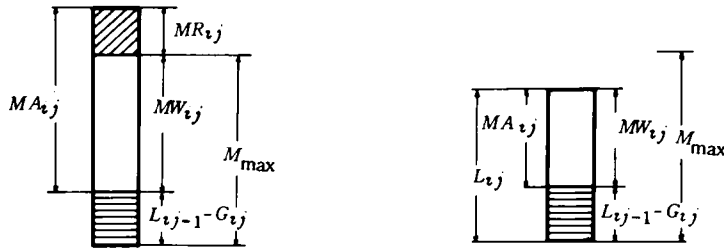
$$MW_{ij} = MA_{ij} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 24)$$

なお、だんご運転時にバス同士の追越を認める場合 $MW_{ij} = 0$ 、 $MR_{ij} = 0$ とする。

i 番目バスがバス停 j を発車するときのバスに乗車している乗客数は、バス停 $j-1$ を発車したときの L_{ij-1} から降車人数 G_{ij} をひき、今回乗車する人数 MW_{ij} を加えた人数であり次式で示される。(図 5・2・8 参照)

$$L_{ij} = L_{ij-1} - G_{ij} + MW_{ij} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 25)$$

- (a) i 番目バスで積残しが生じる場合 (b) i 番目バスで積み残しが生じない場合



- M_{max} : 乗車可能容量
 L_{ij-1} : i 番目バスのバス停 $j-1$ 発車時の乗客数
 G_{ij} : i 番目バスのバス停 j での降車人数
 MA_{ij} : i 番目バスを待つ乗客対象人数
 MR_{ij} : 積み残し人数

図 5・2・8 乗車人数 MW_{ij} の決定

- (e) バス停における停車時間と発車時刻

1) 乗車時間と降車時間

バス停 j における i 番目バスの乗車サービス時間 t_{1ij} 秒、降車サービス時間 t_{2ij} 秒はそれぞれ式 (5・2・26)、式 (5・2・27) で示される。

$$t_{1ij} = a_1 \cdot MW_{ij} + b_1 \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 26)$$

$$t_{2ij} = a_2 \cdot G_{ij} + b_2 \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 27)$$

ここで、 a_1 、 b_1 、 a_2 、 b_2 ; 乗降ドア幅の大きさに定まる定数

MW_{ij} ; バス停 j 、 i 番目バスの乗車人数

G_{ij} ; バス停 j 、 i 番目バスの降車人数

なお、だんご運転時にバス同士の追越を認める場合 $t_{1ij} = 0$ 、 $MW_{ij} = 0$ とする。

2) 停車時間

だんご運転時にバス同士の追越を認めない場合、バス停 j における i 番目バスの停車時間 S_{ij} は、バス停が中間バス停であるかそれとも折返し又は最終バス停であるかで、つぎの 2 つの場合に分かれる。

- (i) 中間バス停でだんご運転が生じない場合 ;

停車時間は乗・降サービス時間 t_{1ij} 、 t_{2ij} の長い方であり、次式で示される。

$$S_{ij} = \max \{ t_{1ij}, t_{2ij} \} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 28)$$

(ii) 折返しバス停、最終バス停の場合並びに中間バス停でだんご運転が生じる場合；
この場合は乗・降サービス時間並びにバスの待機時間の合計であり、次式で示される。

$$S_{ij} = t_{1ij} + t_{2ij} + \alpha_{ij} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 29)$$

ここに α_{ij} ; 前のバスが発車するまで待つ時間

なお、だんご運転時に追越を認める場合、停車時間 S_{ij} は式 (5・2・29) で $t_{1ij} = 0$ 、 $\alpha_{ij} = 0$ といった時間となる。

3) バス停発車時刻

i 番目バスがバス停 j を発車する時刻 T_{ij} 秒は、バス停 j 到着時刻 T'_{ij} に前記の停車時間 S_{ij} 秒を加え、次式で示される。

$$T_{ij} = T'_{ij} + S_{ij} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 30)$$

ここに、 T'_{ij} ; i 番目バスがバス停 j に到着する時刻 (秒)

以上の定式化に用いた記号の一覧を表 5・2・1 に示す。

表 5・2・1 定式化の記号一覧 (1)

記 号	説 明
i	バスの番号
j	区間並びにバス停留所を示すサフィックス
e	バスレーン設置状態を示すサフィックス ($e=0$; バスレーンなし、 $e=1$; バス優先レーン、 $e=2$; バス専用レーン)
n	バス停留所総数
m	バス必要台数 (台)
E	バスの運行本数 (台/時)
時刻に関する記号	T_{10} 1 番目バスが始発バス停を発車する時刻 (秒)
	T_{i0} i 番目バスが始発バス停を発車する時刻 (秒)
	T_{ij-1} i 番目バスがバス停 ($j-1$) を発車する時刻 (秒)
	T_{ij} i 番目バスがバス停 j に到着する時刻 (秒)
	T'_{ij} バス停 j で i 番目バスが乗車サービスを開始する時刻 (秒)
	T_{ij} i 番目バスがバス停 j を発車する時刻 (秒)
速度交通量に関する記号	Q_j 区間 j の一般車交通量 (台/時)
	V_j^e 区間 j のバスレーン設置状態が e のときの区間表定速度の平均 (m /分)
	a^e, b^e バスレーン設置状態 e のときの $Q-V$ 式の係数
	v_j j 区間走行速度の偏差
	V'_j 区間 j のバス停留所における停車時間を除いたバスの表定速度の平均 (m /分)
	l_j 区間 j のバス停間距離 (m)
τ	バスの発車間隔 (秒)
k	前のバスが発車してから経過時間 (分)
T_S	各バス停における平均停車時間の合計 (分)
\bar{T}_j	バスの区間 j の走行時間の平均 (分)

	記号	説 明
時間に関する記号	DT_j	同上の偏差
	T_{ij}	i 番目バスの区間 j の走行時間 (分)
	s_{ij}	バス停 j での i 番目バスの初期停車時間 (秒)
	h_{ij}	バス停 j で $(i-1)$ 番目バスの発車時刻から i 番目バスの乗車開始時刻までの時間 (秒)
	h_{ij}^m	h_{ij} を分単位に変換した時間 (分)
	t_{ij}	h_{ij}^m の小数以下の時間を秒単位に変換した時間 (秒)
	T'_1	h_{ij}^m の整数部分の時間 (分)
	T'_2	T'_1 に 1 分を加えた時間 (分)
	T'_3	T'_1 に 2 分を加えた時間 (分)
乗降時間に関する記号	t_{1ij}	i 番目バスのバス停 j での乗車サービス時間 (秒)
	a_1, b_1	乗車サービス時間に関する係数
	t_{2ij}	i 番目バスのバス停 j での降車サービス時間 (秒)
	a_2, b_2	降車サービス時間に関する係数
	S_{ij}	i 番目バスのバス停 j での停車時間 (秒)
	α_{ij}	バス停 j で i 番目バスが前の $(i-1)$ 番目バスが発車するまで待機する時間 (秒)
乗客数に関する記号	M_{max}	バスの乗車可能容量 (人)
	M_{jk}	バス停 j で前のバスが発車後 $k-1$ 分から k 分の間に到着する人数 (人)
	MB_{ij}	バス停 j で i 番目バスの初期停車時間中に到着する人数 (人)
	L_{ij-1}	i 番目バスがバス停 $j-1$ を発車したときにバスに乗車している乗客数 (人)
	MA_{ij}	バス停 j で乗車対象である i 番目バスを待つ乗客数 (人)
	G_{ij}	i 番目バスのバス停 j での降車人数 (人)
	MR_{ij}	バス停 j で i 番目バスの積み残し乗客数 (人)
	MW_{ij}	バス停 j で i 番目バスに乗車する人数 (人)
	L_{ij}	i 番目バスがバス停 j を発車するときのバスに乗車している乗客数 (人)

(2) バスのサービス指標の定式化

ここでは乗客の平均待ち時間、積み残し乗客数、たんご運転延べ生起回数、延べ追越回数、運行所要時間などの計算方法についてそれぞれ説明し、定式化を行なう。

(a) 待ち時間の計算方法

前項(1)で述べたようにバス停への到着人数は、乗客が 1 分単位でバス停に到達するものとみなし、1 分ごとにポアソン乱数を発生させて決定する。待ち時間の計算では各 1 分間の中心時刻すなわち各 1 分間での 30 秒時点で、1 分間に到着する全人数が集中して到着するものとする。また 1 分未満の端数 t 秒についてもその t 秒間での $t/2$ 秒時点で、 t 秒間に到着する予定の全人数が集中して到着するものとする。

以下にバス停 j において、乗車対象である i 番目バスに乗車する乗客の待ち時間の合計 W_{ij} の計算方法について述べる。(図 5・29 参照)

まずバス停 j で $(i-1)$ 番目バスの発車時刻 T_{i-1j} 秒から i 番目バスの発車時刻 T_{ij} 秒までの時間を H_{ij} 秒とする。 H_{ij} 秒は次式で示される。

$$H_{ij} = T_{ij} - T_{i-1j} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 31)$$

つきに H_{ij} 秒を分単位に変換した時間を H_{ij}^m とし、次式に示す。

$$H_{ij}^m = H_{ij} / 60 \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 32)$$

H_{ij}^m の整数部分の時間を T_1 分、 T_1 に 1 を加えた時間を T_2 分とすれば、これらは次式で示される。

$$T_1 = [H_{ij}^m] \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 33)$$

ここに $[H_{ij}^m]$ は H_{ij}^m の整数部分を表わす。

$$T_2 = T_1 + 1 \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 34)$$

また、 t_{ij} を次式で定めることとする。

$$t_{ij} = H_{ij} - T_1 \times 60 \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 35)$$

H_{ij} 内に到着する乗客数 MH_{ij} は図 5・2・9(a) に示されるように、1 分から T_1 分までの到着人数と T_2 分に到着する人数 M_{jT_2} を t_{ij} 秒間に比例配分した人数の和であり、次式で示される。

$$MH_{ij} = \sum_{k=1}^{T_1} M_{jk} + M_{jT_2} \cdot t_{ij} / 60 \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 36)$$

この節のはじめに述べた待ち時間の考え方にもとづき、 H_{ij} 内に到着する乗客が i 番目の発車時刻まで待つ時間 W_{ij}^0 をつぎのようにして求める。

- (a) H_{ij} 内の時間に到着する乗客数 (斜線部分の面積)
(b) i 番目で積み残しがない場合の乗客の待時間

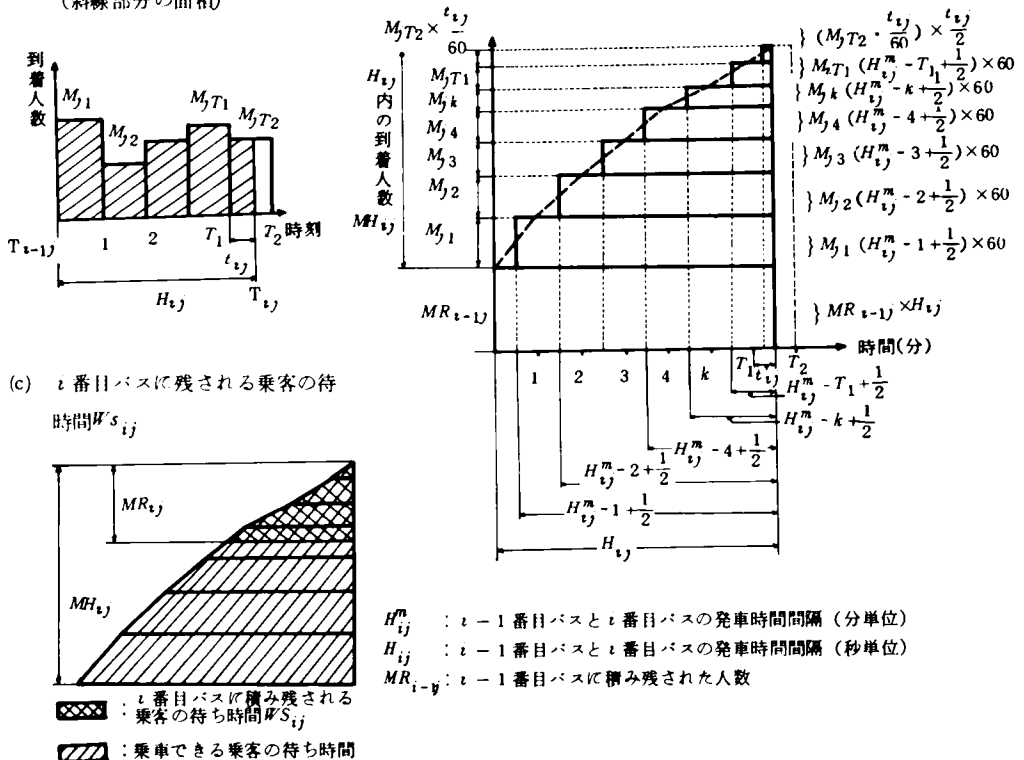
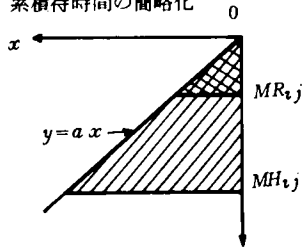


図 5・2・9 H_{ij} 内に到着する乗客数と待時間

(d) 累積待時間の簡略化



$$MW_{ij}^0 = \int_0^{MH_{ij}} \frac{y}{a} dy = \frac{1}{2a} MH_{ij}^2$$

$$WS_{ij} = \int_0^{MR_{ij}} \frac{y}{a} dy = \frac{1}{2a} MR_{ij}^2$$

図5・2・9 H_{ij} 内に到着する乗客数と待時間

図5・2・9(b)に H_{ij} 内に到着する乗客の累積待ち時間を示す。この図はまず k 分に到着する M_{jk} 人は $(H_{ij}^m - k + \frac{1}{2}) \times 60$ 秒待つので、全員で $M_{jk} \times (H_{ij}^m - k + \frac{1}{2}) \times 60$ 秒待つ。つぎに t_{ij} 秒間に到着する $(M_{jT_2} \times t_{ij} / 60)$ 人は $t_{ij} / 2$ 秒待つので合計で $(M_{jT_2} \cdot t_{ij} / 60) \times t_{ij} / 2$ 秒待つことを示す。

WH_{ij}^0 は到着人数とその待ち時間の積を合計し、次式で示すこととする。

$$WH_{ij}^0 = \sum_{k=1}^{T_1} M_{jk} (H_{ij}^m - k + \frac{1}{2}) \times 60 + (M_{jT_2} \cdot \frac{t_{ij}}{60}) \times \frac{t_{ij}}{2} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 37)$$

WH_{ij}^0 は、図5・2・9(b)の階段状の長方形部分の面積になる。

i 番目バスの積み残しの有無により待ち時間の計算方法はつきに示す2つの場合に分かれる。

1) 乗客対象である i 番目バスで積み残しが生じない場合 (図5・2・10(a)、図5・2・9(b)参照)

バス停 j の i 番目バスに対する乗客の待ち時間 W_{ij} は $(i-1)$ 番目バスにおける積み残しの有無によりそれぞれつきのようである。

(i) $(i-1)$ 番目バスで積み残しが生じない場合

H_{ij} 内に到着する乗客は全員乗車できるので、この乗客の待ち時間すなわち式(5・2・37)の WH_{ij}^0 が求める待ち時間となり、次式で示される。

$$W_{ij} = WH_{ij}^0 \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 38)$$

(ii) $(i-1)$ 番目バスにおいて積み残しが生じる場合

バス停 j における $(i-1)$ 番目バスに積み残される乗客がその $(i-1)$ 番目バスの発車時刻まで待つ時間を WS_{i-1j} とする。

積み残し客 MR_{i-1j} がさらに i 番目バスの発車時刻まで待つ時間は MR_{i-1j} と H_{ij} 秒の積である。従って、 MR_{i-1j} の総待ち時間 WH_{ij}^R は WS_{i-1j} と $MR_{i-1j} \times H_{ij}$ の和であり、次式で示される。

$$WH_{ij}^R = WS_{i-1j} + MR_{i-1j} \cdot H_{ij} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 39)$$

W_{ij} は、この場合累積待ち時間を表す図5・2・9(b)に示されるように、 H_{ij} 内に到着する乗客の待ち時間 WH_{ij}^0 と $(i-1)$ 番目バスによる積み残し客 MR_{i-1j} の待ち時間 WH_{ij}^R の和であり、次式で示される。

$$W_{ij} = WH_{ij}^0 + WH_{ij}^R \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 40)$$

2) 乗客対象である i 番目バスで積み残しが生じる場合

乗車可能容量 M_{max} 以上バスに乗れないので、 i 番目バスの乗車可能人数 MQ_{ij} は乗車可能容量 M_{max} 、バス停 j での降車数 G_{ij} 、バス停 $j-1$ 発車時の乗客数 L_{ij-1} を用いて次式で示される。(図5・2・10(a)参照)

$$MQ_{ij} = M_{max} - L_{ij-1} + G_{ij} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 41)$$

ここに、 M_{max} ; 乗車可能容量

L_{ij-1} ; バス停 $j-1$) を発進時に i 番目バスに乗車している乗客数 (式 (5・2・25) 参照)

G_{ij} ; バス停 j) における i 番目バスの降車人数 (式 (5・2・20) 参照)

($i-1$) 番目バスで生じる積み残し乗客数 MR_{i-1j} と i 番目バスの乗車可能人数 MQ_{ij} との大小関係により、
つぎの2つの場合に分けて i 番目バスに対する待ち時間 W_{ij} を計算する。

(i) $MR_{i-1j} \leq MQ_{ij}$ の場合

これは ($i-1$) 番目バスで生じる積み残し乗客数 MR_{i-1j} が i 番目バスにすべて乗車できる状態である。

(図5・2・10(b)参照)

このとき H_{ij} 内に到着する乗客数 MH_{ij} のうち i 番目バスに乗車できる乗客数 MW'_{ij} は乗車可能数 MQ_{ij} から MR_{i-1j} を差し引き、次式で示される。

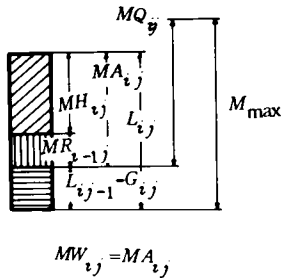
$$MW'_{ij} = MQ_{ij} - MR_{i-1j} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 42)$$

i 番目バスに乗車する人数 MW_{ij} は、図5・2・10(b)に示されるように、乗車可能人数 MQ_{ij} に等しい。

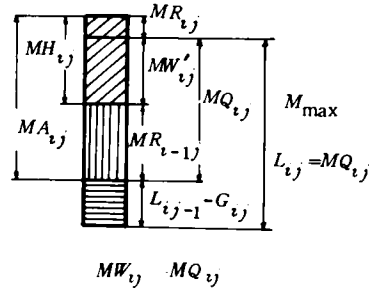
$$MW_{ij} = MQ_{ij} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 43)$$

つぎにバスに乗車できる乗客と積み残される乗客、それぞれの待ち時間を以下のように求める。

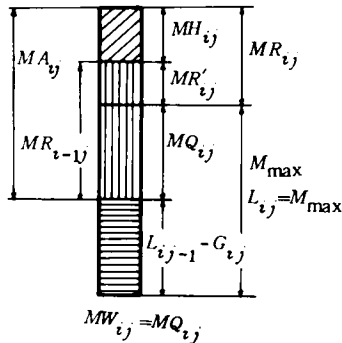
(a) 積み残しが生じない状態



(b) 積み残しが生じる状態 ($i-1$ 番目バスによる積み残し客は全員乗車できる状態)



(c) ($i-1$) 番目バスの積み残し客の一部が i 番目バスにも積み残される状態



- M_{max} : 乗車可能容量
- L_{ij-1} : i 番目バスのバス停 j 発車時の乗客数
- G_{ij} : i 番目バスのバス停 j での降車人数
- MR_{i-1j} : バス停 j での ($i-1$) 番目バスによる積み残し客数
- MQ_{ij} : 乗車可能人数
- MH_{ij} : バス停 j での ($i-1$) 番目バス発車時刻から i 番目バス発車時刻までに到着する人数
- MW_{ij} : 乗車人数
- MW'_{ij} : MH_{ij} のうちの乗車人数
- MR_{ij} : 積み残し人数
- MR'_{ij} : MR_{i-1j} のうち積み残される人数
- MA_{ij} : 乗車対象人数

図5・2・10 乗車可能人数 MQ_{ij} と積み残し客数 MR_{ij}

イ) i 番目バスに乗車できる乗客の待ち時間

H_{ij} 内に到着する乗客数 MH_{ij} 人のうち i 番目バスに乗車できる乗客 MW'_{ij} 人が i 番目バスの発車時刻まで待つ時間 WQ'_{ij} 秒は、積み残される乗客数 MR_{ij} 人に対する待ち時間を式 (5・2・37) の WH_{ij}^0 から差しひいて求める。

この場合式 (5・2・37) に示される WH_{ij}^0 はバスの発車間隔 H_{ij} が定まれば求めることができるが、積み残し客に対する待ち時間は次のようにして求める。まず、図 5・2・9(b) の累積待ち時間が図の破線をほどきたように置いて面積は同じであることから、図 5・2・9(c) のようになる。この図 5・2・9(c) をさらに簡単にすると図 5・2・9(d) のようである。図 5・2・9(d) の y 軸上の MH_{ij} までの面積は $MH_{ij}^2/2a$ 、 MR_{ij} までの面積は $MR_{ij}^2/2a$ である。従って積み残される乗客の待ち時間 WS_{ij} は、 H_{ij} 内に到着する人数 MH_{ij} に対する積み残し乗客数 MR_{ij} の比の 2 乗に比例する。すなわち WS_{ij} は次式となる。

$$WS_{ij} = WS_{ij}^0 \times (MR_{ij}/MH_{ij})^2 \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 44)$$

よって、 WQ'_{ij} は WH_{ij}^0 から WS_{ij} を差しひいて次式で示される。

$$WH'_{ij} = WH_{ij}^0 \{1 - (MR_{ij}/MH_{ij})^2\} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 45)$$

このとき i 番目バスに乗車する乗客の待ち時間 W_{ij} は、 $(i-1)$ 番目バスに積み残される乗客 MR_{i-1j} 並びに H_{ij} 内に到着する乗客のうち i 番目バスに乗車できる乗客 MW'_{ij} が、それぞれの i 番目バス発車時刻まで待つ時間 WH^R_{ij} 、 WQ'_{ij} の合計であり、次式で示される。

$$W_{ij} = WH^R_{ij} + WQ'_{ij} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 46)$$

ロ) i 番目バスに積み残される乗客の待ち時間

つきに i 番目バスに積み残される乗客 MR_{ij} が i 番目バス発車時刻まで待つ時間 WS_{ij} は、 WH_{ij}^0 から乗車した乗客の待ち時間 WQ'_{ij} を差しひき、次式で示される。

$$WS_{ij} = WH_{ij}^0 - WQ'_{ij} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 44)$$

(ii) $MR_{i-1j} > MQ_{ij}$ の場合

これは $(i-1)$ 番目バスで積み残される乗客 MR_{i-1j} の一部がさらに i 番目バスでも積み残される状態である。(図 5・2・10(c) 参照)

この i 番目バスにも積み残される乗客数 MR'_{ij} は MR_{i-1j} から乗車可能人数 MQ_{ij} を差しひき、次式で示される。

$$MR'_{ij} = MR_{i-1j} - MQ_{ij} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 47)$$

この場合も(i)と同様につぎの2つの待ち時間を求める。

イ) i 番目バスに乗車できる乗客の待ち時間 i 番目バスに乗車する乗客の待ち時間 W_{ij} はつぎの2つの待ち時間の和である。(図 5・2・11 参照)

① $(i-1)$ 番目バスに積み残される乗客数 MR_{i-1j} の中で i 番目バスに乗車できる乗客 MQ_{ij} に関して、 MR_{i-1j} 全員が $(i-1)$ 番目バスの発車時刻 T_{i-1j} まで待つ時間 WS_{i-1j} のうち MQ_{ij} に対応する部分の待ち時間 WQ_{i-1j} は(i)のイ)と同じ考え方にもとづき、次式で示すこととする。

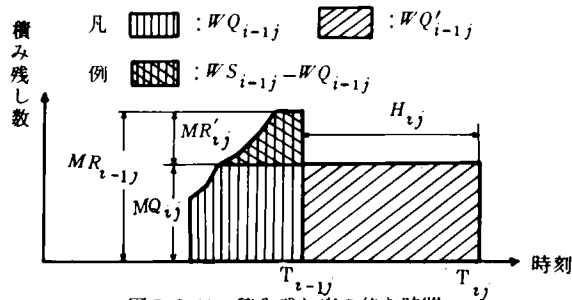


図 5・2・11 積み残し客の待ち時間

$$WQ_{i-1j} = WS_{i-1j} \{ 1 - (MR'_{ij}/MR_{i-1j})^2 \} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 48)$$

② MQ_{ij} に対する i 番目バスの発車時刻 T_{ij} までの時間 H_{ij} の間の待ち時間 WQ'_{i-1j} は、 MQ_{ij} と時間 H_{ij} 秒を乗じて、次式で示される。

$$WQ'_{i-1j} = MQ_{ij} \cdot H_{ij} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 49)$$

従って、 W_{ij} は次式で示される。

$$W_{ij} = WQ_{i-1j} + WQ'_{i-1j} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 50)$$

ロ) i 番目バスに乗車できない乗客の待ち時間

これはつぎの2つの待ち時間の和である。

① H_{ij} 内に到着する乗客が i 番目バス発車時刻まで待つ時間 WH_{ij}^0 。

② $(i-1)$ 番目バスに積み残される乗客のうち、再び i 番目バスにも積み残される乗客 MR'_{ij} が i 番目のバス発車時刻まで待つ時間 WP_{ij} 。

なお、 WP_{ij} は WS_{i-1j} から式 (5・2・48) に示される乗車する乗客の待ち時間 WQ_{i-1j} を差し引いた時間 WS'_{i-1j} と、 i 番目バスにも積み残される乗客 MR'_{ij} が i 番目バス発車時刻まで待つ時間 WQ''_{i-1j} の和である。すなわち、 WS'_{i-1j} は次式で示される。

$$WS'_{i-1j} = WS_{i-1j} - WQ_{i-1j} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 51)$$

WQ''_{i-1j} は積み残し人数 MR'_{ij} と時間 H_{ij} の積であり、次式で示される。

$$WQ''_{i-1j} = MR'_{ij} \cdot H_{ij} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 52)$$

故に WP_{ij} は WS'_{i-1j} と WQ''_{i-1j} を用いて次式となる。

$$WP_{ij} = WS'_{i-1j} + WQ''_{i-1j} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 53)$$

従って i 番目バスに乗車できない乗客の待ち時間 WS_{ij} は、次式で示される。

$$WS_{ij} = WH_{ij}^0 + WP_{ij} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 54)$$

以上がバス停 j 、 i 番目バスに対する乗客の待ち時間 W_{ij} の計算方法である。

つぎにバス必要台数 m 、各バス停 j の乗車する乗客を MW_{ij} とすれば、1人あたりの平均待ち時間 W_j は次式で示される。

$$W_j = \sum_{i=1}^m W_{ij} / \sum_{i=1}^m MW_{ij} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 55)$$

また全バス停の平均待ち時間は、次式で示される。

$$w = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n W_{ij} / \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n MW_{ij} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 56)$$

ここに、 n ; バス停留所数

なお、バス同士の追越を認める場合、 i 番目バスがバス停 j で $(i-1)$ 番目バスを追越とき、 i 番目バスは乗車対象とならないので $W_{ij} = 0$ とする。

(b) その他のサービス指標の定式化

以下にバスごとの積み残し乗客数、だんご運転延べ生起回数、延べ追越回数、運行所要時間の定式化を行なう。

1) 積み残し数

第 i' 号のバスの積み残し乗客数 $MT_{i'}$ はバス停 j の積み残し乗客数 $MR_{i'j}$ を用いて、次式で示される。

$$MT_{i'} = \sum_{j=1}^n MR_{i'j} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 57)$$

ただしバス停 j において第 i' 号バスが追越を行なう場合、 $MR_{i'j} = 0$ である。

2) だんど運転延べ生起回数

バス停 j において $(i-1)$ 番目バスの発車時刻 T_{i-1j} 秒、 i 番目バスの到着時刻 T'_{ij} 秒とし、 Δt_j を次式で定義する。

$$\Delta t_j = T'_{ij} - T_{i-1j} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 58)$$

だんど運転とは $\Delta t_j < 0$ の状態である。(図 5・2・12 参照)

(a) だんど運転状態

(b) だんど運転でない状態

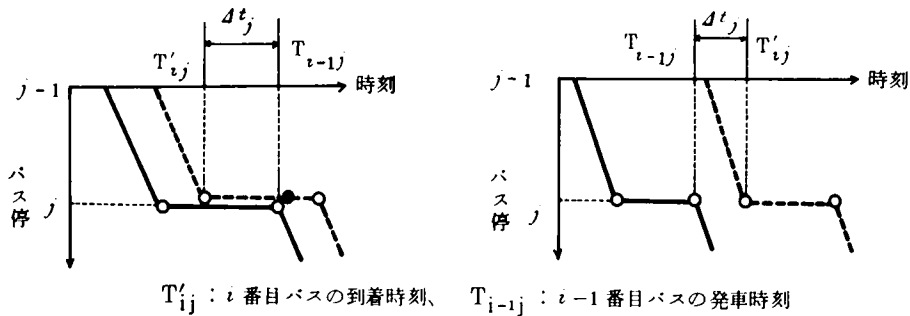


図 5・2・12 だんど運転状態の表現

だんど運転状態 D_{ij} を次式で示す。

$$D_{ij} = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & ; \Delta t_j < 0 \\ 0 & ; \Delta t_j \geq 0 \end{array} \right\} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 59)$$

i 番目バスのだんど運転延べ生起回数 D_i は D_{ij} を用いて、次式で示される。

$$D_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 60)$$

ここで、 n ; バス停留所数

なお、以下ではだんど運転延べ生起回数を、だんど運転生起回数と略して呼ぶこととする。

3) 延べ追越回数

だんど運転時にバス同士の追越を認める場合、つぎのようにして追越状態 O_{ij} を定める。

バス停 j において $(i-1)$ 番目バスの発車時刻 T_{i-1j} 秒、 i 番目バスの降車サービス完了時刻 T'''_{ij} 秒とし、 $\Delta t'_j$ を次式で定義する。

$$\Delta t'_j = T'''_{ij} - T_{i-1j} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 61)$$

追越状態とは $\Delta t'_j < 0$ の状態である。(図 5・2・13 参照)このとき追越状態 O_{ij} を次式で示す。

$$O_{ij} = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & ; \Delta t'_j < 0 \\ 0 & ; \Delta t'_j \geq 0 \end{array} \right\} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 62)$$

i 番目バスの延べ追越回数 O_i は O_{ij} を用いて、次式で示される。

$$O_i = \sum_{j=1}^n O_{ij} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 62)$$

なお延べ追越回数を略して追越回数と呼ぶこととする。

4) 運行所要時間

第 i' 号バスが始発バス停を出発してから最終バス停に戻ってくるまでの運行所要時間 TT_i 秒は、区間走行時間 T_{ij} (分) とバス停停車時間 S_{ij} (秒) を用いて次式で示される。

$$TT_i = \sum_j (T_{ij} \times 60 + S_{ij}) \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2 \cdot 63)$$

以上の定式化に用いた記号の一覧を表 5・2・2 に示す。

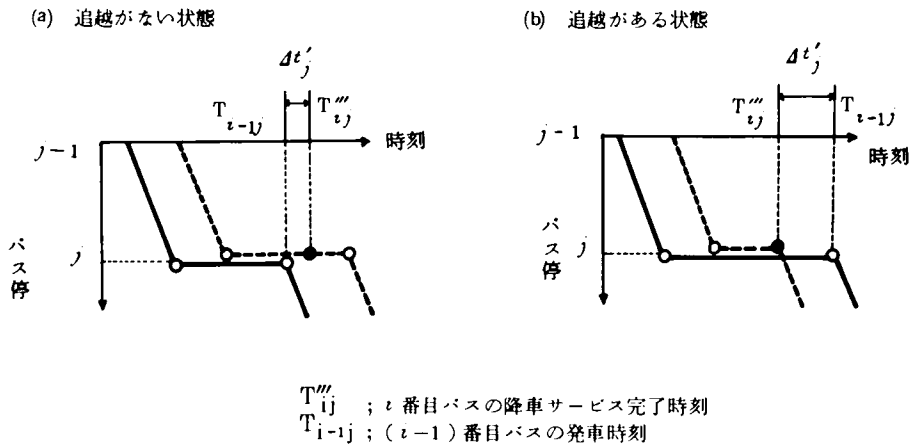


図 5・2・13 だんご運転時の追越状態

(3) モデルの有効性の検証

京都市交通局 3 番系統を対象として、のちに 5・4・2 の(1)で試算する乗降客数・一般車交通量などのモデルに必要なデータを入力したところ、表 5・2・3 並びに図 5・2・14 に示す結果が得られた。

図 5・2・14 から、バスの間隔の乱れ、だんご運転状態などのバスの運行挙動をモデルは再現していることが

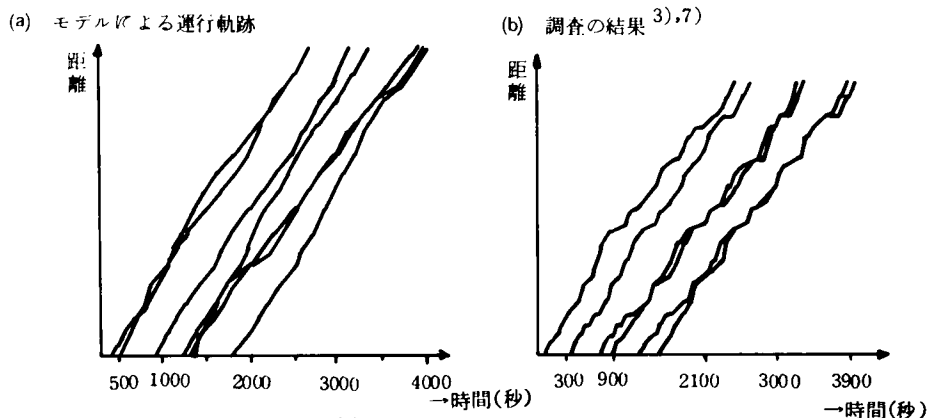


図 5・2・14 バス運行軌跡

表5・2・2 定式化の記号一覧(2)

	記号	説明
時間に関する記号	H_{ij}	バス停 <i>j</i> における(<i>i</i> -1)番目バスと <i>i</i> 番目バスの発車時間の間隔(秒)
	H_{ij}^m	H_{ij} を分単位に変換した時間(分)
	t_{ij}	H_{ij}^m の1分未満を秒単位に表わした時間(秒)
	T_1	H_{ij}^m の整数部分の時間(分)
	T_2	T_1 に1分を加えた時間(分)
	Δt_j	バス停 <i>j</i> におけるバスの到着時間間隔(秒)
	$\Delta t'_j$	(<i>i</i> -1)番目バスの発車時刻と <i>i</i> 番目バスの降車サービス完了時刻との時間間隔(秒)
	TT_i	第 <i>i</i> 号バスの運行所要時間(秒)
乗客の待ち時間に関する記号	WH_{ij}^0	H_{ij} 内に到着する乗客が <i>i</i> 番目バスの発車時刻まで待つ時間(秒)
	W_{ij}	バス停 <i>j</i> において <i>i</i> 番目バスに乗車する乗客の待ち時間(秒)
	WS_{i-1j}	バス停 <i>j</i> において(<i>i</i> -1)番目バスに積み残される乗客がそのバスの発車時刻まで待つ時間(秒)
	WH_{ij}^R	積み残し乗客 MR_{i-1j} が <i>i</i> 番目バスの発車まで待つ時間(秒)
	WQ'_{ij}	H_{ij} 内に到着する乗客のうち <i>i</i> 番目バスに乗車できる乗客がそのバスの発車時刻まで待つ時間(秒)
	WS_{ij}	バス停 <i>j</i> において <i>i</i> 番目バスに積み残される乗客がそのバスの発車時刻まで待つ時間(秒)
	WQ_{i-1j}	WS_{i-1j} のうち <i>i</i> 番目バスに乗車できる乗客の待ち時間に対応する時間(秒)
	WQ'_{i-1j}	MR_{i-1j} のうち <i>i</i> 番目バスに乗車できる乗客が <i>i</i> 番目バスの発車時刻まで待つ時間(秒)
	WS'_{i-1j}	WS_{i-1j} から WQ_{i-1j} を差し引いた待ち時間(秒)
	WQ''_{i-1j}	MR'_{ij} が <i>i</i> 番目バス発車時刻まで待つ時間(秒)
乗客数に関する記号	WP_{ij}	バス停 <i>j</i> において(<i>i</i> -1)番目バスに積み残されかつ <i>i</i> 番目バスに積み残される乗客が <i>i</i> 番目バスの発車時刻まで待つ時間(秒)
	MH_{ij}	バス停 <i>j</i> において H_{ij} の時間内に到着する乗客数(人)
	MR_{i-1j}	バス停 <i>j</i> において(<i>i</i> -1)番目バスに積み残される乗客数(人)
	MQ_{ij}	バス停 <i>j</i> における <i>i</i> 番目バスの乗車可能人数(人)
	MW'_{ij}	H_{ij} 内に到着する乗客のうち <i>i</i> 番目バスに乗車できる乗客数(人)
	MR'_{ij}	バス停 <i>j</i> において(<i>i</i> -1)番目バスに積み残されかつ <i>i</i> 番目バスにも積み残される乗客数(人)
	$MT_{i'}$	第 <i>i'</i> 号バスの積み残し乗客数(人)
バスに関する記号	MW_{ij}	バス停 <i>j</i> において <i>i</i> 番目バスに乗車する人数
	W_j	バス停における乗客の平均待ち時間(秒/人)
	W	乗客の平均待ち時間(秒/人)
	D_i	第 <i>i</i> 号バスのだんご運転延べ生起回数
時刻に関する記号	O_i	第 <i>i</i> 号バスの延べ追越回数
	T_{i-1j}	バス停 <i>j</i> における(<i>i</i> -1)番目バスの発車時刻(秒)
	T'''_{ij}	バス停 <i>j</i> の <i>i</i> 番目バスの降車サービス完了時刻(秒)
時刻に関する記号	T'_{ij}	バス停 <i>j</i> に <i>i</i> 番目バスが到着する時刻(秒)

わかる。表5・2・3の運行時間の構成は、現実の構成に類似している。なおモデルの運行所要時間が実績値より大きいのはバス停での乗降人数が調査時よりも多いため、バス停停車時間が調査時よりも長くなるのと、調査は早朝の道路交通量の少ないときであるが、モデルでは交通量を多く与えたためと考えられる。バスレーンを設置した場合、運行所要時間の短縮は実績値と同程度であり、モデルはバスレーンの効果をよく再現していることがわかる。

表5・2・3 モデルの計算値と実績値の比較

比較項目		モデル	実績値
運行所要時間(往復)		91.8分	81.63分 注1)
運行所要時間の構成	走行時間 (信号待ち時間を含む)	78.6%	80.3% 注1)
	バス停での 停車時間	21.4%	19.7% 注1)
バスレーン設置による 運行所要時間の短縮		10.3～29.5%減	注2) 17～32%減

注1) 昭和45年12月のバス運行実態調査による値 7)

注2) 警視庁交通部調査による 8)

以上から、モデルはバスの運行挙動を解析するのに適しているといえる。従って次節以後では、モデルを用いてバスレーン設置がバスの運行挙動に与える影響を試算する。

5・3 簡単な街路網内を運行するバス1系統における試算例 9)～11)

5・3・1 概 説

ここでは、5・2で提案したモデルがある簡単な街路網内を運行する任意のバス系統に適用する。

試算における与件は、各バス停の乗降客数、各バス停間の一般車交通量、バス必要台数並びにバス発車間隔などである。

まず5・3・2では、4・2・4の試算結果をモデルの与件とする。この試算値をバス運行モデルに利用できるように変更する。たとえば4・2・4で得られるノード間バス利用ODを、バス停ごとの乗降客数に変換する。

なお対象とするバス系統は、4・2・4における第4系統である。始発バス停から最終バス停まで300mごとにバス停を設ける。全部で50のバス停を設置する。

つぎに試算ケースとして、バスレーン設置の有無、乗降ドア幅の大小、だんだん運転時にバス同士の追越を認めるか認めないかで8つのケースを設定する。またバス停乗車人数の2種類とバス発車間隔の3種類とで6つの組み合わせをつくる。前の8つのケースとで合計48ケースを設定する。

48ケースのそれぞれについて、5・3・3ではバスの運行所要時間、だんだん運転生起回数、乗客の平均待ち時間、積み残し乗客数などに与えるバスの運行改善の諸方策、たとえばバスレーン設置、乗降ドア幅の拡大、だんだん運転時にバス同士の追越を認めるなどの影響を試算し考察する。

そして前記のバスの運行改善に関する3つの方策の優劣を比較する。

5・3・2 試算の与件、インプットデータとケース設定

ここでは、4・2におけるマクロモデルによる試算結果をバス運行モデルの与件とする。まず対象とする街路網、バス路線、バス系統、バス停留所の位置、バスレーンの設置、各バス停乗降客数、バス運転間隔、バス必要台数などのバス運行モデルの与件に必要なデータの作成方法、試算におけるケース設定について述べる。

(1) 試算の与件

(a) 街路網、バス路線とバス系統

図5・3・1に示す街路網と図5・3・2に示すバス路線網において、図5・3・2の第4系統を対象とする。

(b) バス停留所の位置

(i) 図5・3・1のノード⑩に始発および終着バス停を設け、ノード③を折返しバス停とする。

(ii) 各バス停間の距離は300mとし、ノード⑩から③までの路線上に、図5・3・3に示すような両端を含め

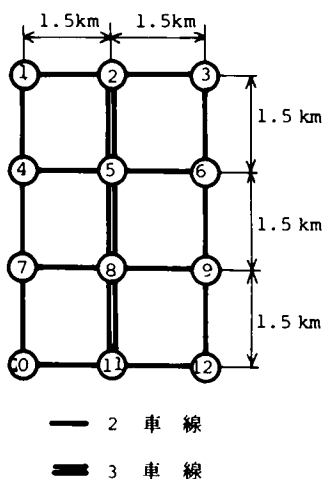


図 5.3.1 対象街路網

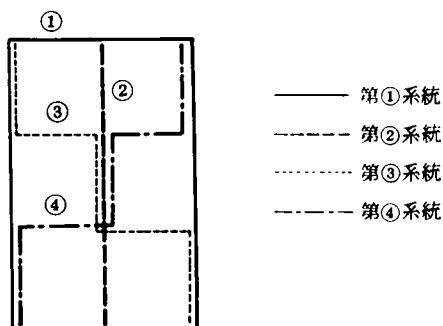


図 5.3.2 バス路線網

で50のバス停を設置する。なお始発バス停、終着バス停、折返しバス停はそれぞれ番号0、50、25で示される。

(c) バスレーンの設置

(i) 全街路網にバス専用レーンを設置する場合と、設置しない場合を想定する。

(ii) 上述の街路網、バス系統のもとで、バスレーン設置によるバス乗客数の変化、一般車交通量の変化は、マクロモデルによる4.2.4の試算値を用いる。

(2) インプットデータとその作成方法

(a) 各バス停の1分間あたり平均到着人数

図 5.3.1 に示す街路のノード間の第4系統バス利用者のODは、バスレーン設置の有無別に4.2.4におけるマクロモデルから得られるデータを用いる。このODをもとに各バス停への1分間あたり平均到着人数 m_j をつぎのようにして求める。

①図 5.3.4 のノードPで乗車する

トリップを、他系統のバスからの乗換えにより生じるトリップ P_1 と、ノードPで発生するトリップに分ける。

②ノードPで発

生するトリップをさらに、トリップ長が2ノード間であるトリップ P_2 と、3ノード間以上にわたるトリップ P_3 に分ける。

③図 5.3.4 に示すように、 P_1 はノードPにおけるバス停 P_0 のみに、 P_2 はバス停 P_0 、 PQ_1 、 PQ_2 に、 P_3

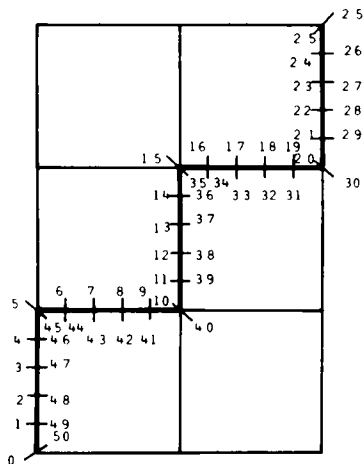


図 5.3.3 対象バス路線のバス停番号

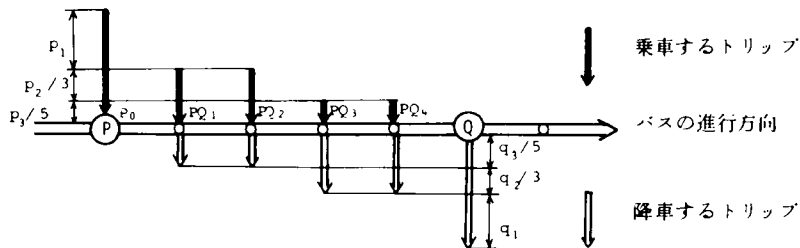


図 5.3.4 マクロモデルの利用者ODの各バス停への配分

はバス停 PQ_1 、 PQ_2 、 PQ_3 、 PQ_4 にそれぞれ等配分する。

このようにして算出される各バス停の1時間あたり到着人数を1分間あたりの平均到着人数に換算し、表5・3・1に示す。

(b) バス運転間隔と必要台数

マクロモデルにおいて、バスの最混雑区間におけるバスの輸送力と輸送人員が等しくなるように、すなわち乗車効率が100%になるように運転間隔が定められ、また同時にバスの運行を維持するために必要な台数が計算される。ここではバス運行モデルの試算に必要なバス運転間隔、必要台数としてバスレーンの有無別にマクロモデルから得られるこれらの値を用いることとし、表5・3・2に示す。

表5・3・2 バス運転間隔と必要台数

厳密な運転間隔(秒)		説明上の運転間隔(分)	バス必要台数	
レーンなし	レーン設置		レーンなし	レーン設置
124.13	116.12	2	32	20
248.26	232.24	4	16	10
496.52	464.48	8	8	5

(c) 各バス停での平均降車人数

マクロモデルから得られる第4系統の1時間あたりノード間OD別バス利用者数を用いて、つぎのようにして各バス停での降車人数を計算する。(図5・3・4参照)

①マクロモデルのノードQで降車するトリップを、他系統へのバスに乗り換えるために生じるトリップ q_1 と、ノードQに吸収されるトリップに分ける。

②後者のトリップをさらにトリップ長が2ノード間であるトリップ q_2 と、3ノード間以上になるトリップ q_3 に分ける。

③図5・3・4に示すように、 q_1 はノードQにおけるバス停 Q_0 のみに、 q_2 はバス停 Q_0 、 PQ_4 、 PQ_3 に、 q_3 はバス停 Q_0 、 PQ_4 、 PQ_3 、 PQ_2 、 PQ_1 にそれぞれ等配分する。

このようにして各バス停での1時間あたり降車人数が算出され、これと(b)のバス必要台数を用いて平均降車人数に換算し、表5・3・3に示す。

なお平均降車人数 n の偏差 σ_n は、 n が5以下では n 、 n が5以上では一定値5.0とする。

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_n = n \quad (n < 5) \\ \sigma_n = 5.0 \quad (n \geq 5) \end{array} \right\} \quad \text{式(5・3・1)}$$

(d) 乗降時間推定式の係数

乗車時間と乗車人数、降車時間と降車人数の関係をそれぞれ表わす式(5・2・26)、式(5・2・27)の係数 a_1 、 b_1 、

表5・3・1 1分間の各バス停への到着人数

バス 停No	バス停到着人数 m_j	
	バスレーンなし	バスレーン設置
1	2.67	2.91
2	2.67	2.91
3	1.76	1.92
4	1.76	1.92
5	11.21	11.71
6	6.96	7.31
7	6.96	7.31
8	1.23	1.33
9	1.23	1.33
10	0.24	0.27
11	0.24	0.27
12	0.24	0.27
13	0.07	0.07
14	0.07	0.07
15	5.63	5.73
16	0.41	0.43
17	0.41	0.43
18	0.05	0.05
19	0.05	0.05
20	0.50	0.50
21	0.50	0.50
22	0.50	0.50
23	0.0	0.0
24	0.0	0.0
25	1.74	1.90
26	1.74	1.90
27	1.74	1.90
28	1.41	1.57
29	1.41	1.57
30	7.22	7.56
31	3.44	3.52
32	3.44	3.52
33	0.71	0.78
34	0.71	0.78
35	0.46	0.50
36	0.46	0.50
37	0.46	0.50
38	0.15	0.16
39	0.15	0.16
40	13.91	14.94
41	0.41	0.44
42	0.41	0.44
43	0.12	0.13
44	0.12	0.13
45	0.77	0.84
46	0.77	0.84
47	0.77	0.84
48	0.0	0.0
49	0.0	0.0
50	2.67	2.91

表5・3・3 各バス停での平均降車人数

バス 停No	平均降車人数	
	バスレーンなし	バスレーン設置
1	0.0	0.0
2	0.0	0.0
3	1.89	1.93
4	1.89	1.93
5	1.89	1.93
6	1.72	1.68
7	1.72	1.68
8	11.13	10.79
9	11.13	10.79
10	31.02	30.30
11	1.58	1.59
12	1.58	1.59
13	1.94	1.97
14	1.94	1.97
15	7.59	8.49
16	0.51	0.49
17	0.51	0.49
18	2.92	2.76
19	2.92	2.76
20	3.99	3.89
21	1.68	1.65
22	1.68	1.65
23	2.71	2.62
24	2.71	2.62
25	2.71	2.62
26	0.0	0.0
27	0.0	0.0
28	0.68	0.63
29	0.68	0.63
30	0.68	0.63
31	0.65	0.66
32	0.65	0.66
33	5.46	5.33
34	5.46	5.33
35	16.12	15.42
36	1.75	1.77
37	1.75	1.77
38	2.40	2.42
39	2.40	2.42
40	4.71	4.78
41	0.87	0.94
42	0.87	0.94
43	7.29	7.38
44	7.29	7.38
45	7.71	7.83
46	3.15	3.23
47	3.15	3.23
48	4.74	4.86
49	4.74	4.86
50	4.74	4.86

a_2 、 b_2 については、表5・3・4に示す値を用いる。

表5・3・4 乗降時間推定式の係数

ドアの種類	a_1	b_1	a_2	b_2
標準幅折戸	1.82	6.11	1.92	6.03
広幅引戸	0.96	7.77	1.41	6.81

(e) 一般車交通量

バス専用レーンのある場

合、ない場合について、各
街路区間での交通量はマク
ロモデルから求められる値
を用いることとし、これを
図5・3・5に示す。

(f) バス区間速度推定

式の係数と区間速度
の偏差

一般自動車交通量とバス
の区間表定速度の関係を示
す式(5・2・4)の係数 a^k 、
 b^k を表5・3・5に示す。な
お区間速度の偏差は、四条
通りの烏丸-西洞院間で昭
和49年12月13日午前7時か
ら9時までの測定による値
である。

(3) ケース設定

1分間に各バス停に到着
する人数が、表5・3・1に示
される値、その $1/2$ および
 $1/4$ である場合を、それぞ
れ m_j 、 $m_j/2$ 、 $m_j/4$ と
呼ぶこととする。

(a) レーンの無いとき

		32.7		17.3	
	26.0		44.7		
4.51	37.0	6.81	56.1	40.4	42.5
	33.1		20.8		
	2.53		39.4		
4.91	41.6	7.45	61.8	49.4	41.5
	33.5		20.6		
	2.66		40.6		
4.22	40.7	6.92	41.4	29.5	35.9
	2.87		38.4		
	39.5		31.1		

(b) 全街路にレーン設置のとき

		25.7		16.7	
	22.1		33.5		
31.2	27.4	6.20	55.6	28.0	30.1
	26.5		19.7		
	20.8		31.6		
33.5	30.5	6.72	59.7	33.6	30.1
	2.68		19.6		
	21.4		32.0		
30.4	31.6	6.07	40.1	22.5	28.9
	2.69		28.3		
	32.2		24.3		

図5・3・5 自動車交通量(台/時)

表5・3・5 QV係数と区間速度の偏差

k		A	B	v
混合交通	$0 < Q < 1000$	-0.01767	237.299	124.602
	$1000 < Q$	0.0	83.3	0
専用レーン		0.0	395.0	124.602

つきにこの m_j 、 $m_j/2$ 、 $m_j/4$ の3つの状態と、バス運転間隔
とで表5・3・6に示す6通りの組み合わせを作る。

表5・3・6 バス停到着人数と運転間隔の組合せ

1分間にバス停 に到着する人数	運転間隔(分)	最混雑区間の 平均乗車効率
m_j	2	100 %
$m_j / 2$	2	50 %
$m_j / 4$	2	25 %
$m_j / 2$	4	100 %
$m_j / 4$	4	50 %
$m_j / 4$	8	100 %

表5・3・7 ケース設定

1分間のバス停 到着人数	運転間隔 (分)	バスレーン	ドア幅	追越
m_j	2			
$m_j / 2$	2			
$m_j / 4$	2	{ なし } 設置	{ 小 } 大	{ なし } あり
$m_j / 2$	4			
$m_j / 4$	4			
$m_j / 4$	8			

で8通りの組合わせを設定し、合計48ケースについて試算する。

5・3・3 試算結果とその考察

試算の対象となる時間は、マクロモデルで求められる必要台数の全バスが再び始発バス停にもどるまでの時間である。また前節で述べた48の各ケースについて、乱数をかえて8回の試算を行ない、その8回の平均値をとって試算値とした。なおこの時、1つのケースあたり最高256台、最低40台のバス運行に関するシミュレーションを行なうことになる。ここに台数の違いがあるのは、バス運転間隔、バスレーン設置などにより運行状態が異なり、バス必要台数に違いがあるためである。

ここでは5・3・2で述べた条件およびインプットデータをもとに、バス運行モデルを用いて行なった試算結果を整理し、バス専用レーン設置、乗降ドア幅の拡大、だんご運転時のバス同士の追越などの諸方策がバス運行に与える影響について考察する。

まず48の各ケースにおける乗客の平均待ち時間、バス1台あたり平均積み残し数、平均だんご運転生起回数、平均追越回数、平均運行所要時間を表5・3・8に示す。また第37番目バス停および第40番目バス停における上記各指標の平均値を、それぞれ表5・3・9、表5・3・10に示す。

表5・3・8、5・3・9、5・3・10をもとにして、図5・3・6～図5・3・14を作成した。これらの図表を用いて、バス運行における乗降ドア幅の拡大、バスレーン設置、バス同士の追越の各方策による効果について考察する。

(1) 乗降ドア幅の拡大の効果

(a) 乗客の平均待ち時間

図5・3・6は、横軸にドア幅の大小、縦軸に乗客の平均待ち時間を秒単位でとり、バス停到着人数および運転間隔に着目してドア幅拡大の効果を示したものである。

この図から、ドア幅の拡大によってどの場合でも1人あたり平均待ち時間が短縮されることがわかる。これはドア幅が拡大されたために、乗降時間が短縮され、バスの運転間隔の乱れが小さくなるためと考えられる。

つきにバス停到着人数および運転間隔の違いについて考察する。

1) バス停到着人数による効果の違い

なお表5・3・1を見るとわかるように、バスレーンの有無により乗客数が異なるため、最混雑区間の平均乗車率が100%になるような運転間隔は厳密には表5・3・2のようであるが、説明上、2分、4分、8分と表現することとする。

2分という運転間隔は、 m_j の場合、最混雑区間の平均乗車効率が100%になるようにマクロモデルで求められた値である。したがって、2分間隔で $m_j/2$ 、 $m_j/4$ の場合には、平均乗車効率がそれぞれ50%、25%となり、4分間隔で $m_j/2$ のときは100%、 $m_j/4$ のときは50%となることがわかる。この乗車効率は表5・3・6に付記する。

表5・3・6に示す6通りのそれぞれについて、表5・3・7に示すバスレーンの有無、バス同士の追越の有無、ドアの大小を考慮し

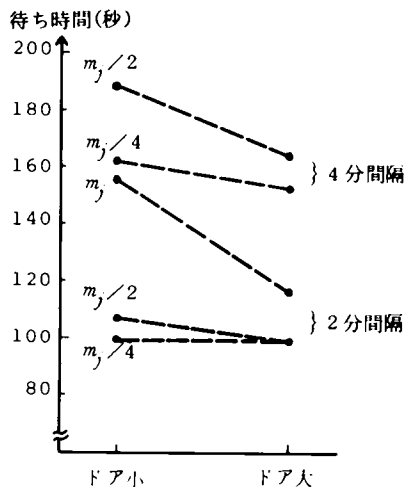
表 5-3-8 試 算 結 果

バス停 判 断 人 数	進 出 間 隔 (分)	追 越	ド ア 幅	1 人あたり平均待ち時間 (秒)		バス1台あたり平均積み 残し数		バス1台あたり平均積み み人数		バス1台あたり平均たん と回数		バス1台あたり平均たん と回数		バス1台あたり平均運行 時間		バス停到着時間間隔の偏 差	
				レーンなし	レーン設置	レーンなし	レーン設置	レーンなし	レーン設置	レーンなし	レーン設置	レーンなし	レーン設置	レーンなし	レーン設置	レーンなし	レーン設置
m_j	2	なし	小	155.86	116.37	60.74	34.60	11.86	11.21	67.37	41.58	128.48	106.30				
		有	大	116.08	86.86	35.78	16.90	7.52	6.90	65.59	39.95	114.89	84.94				
$m_j/2$	2	なし	小	138.17	124.02	33.00	37.60	7.18(3.87)	5.69(2.84)	63.81	39.33	118.76	101.61				
		有	大	113.33	86.22	25.24	13.77	6.31(2.89)	4.33(1.89)	64.38	39.11	102.98	81.49				
$m_j/4$	2	なし	小	106.93	92.13	5.60	3.45	9.25	8.33	66.42	39.88	129.78	102.28				
		有	大	98.48	78.94	3.33	0.65	7.42	4.80	65.40	39.47	114.30	77.13				
$m_j/4$	2	なし	小	105.92	84.25	1.13	0.76	6.48(3.03)	3.75(1.65)	64.67	38.94	117.01	86.29				
		有	大	95.78	77.33	0.71	0.03	5.82(2.32)	3.43(1.31)	64.98	39.08	102.46	75.58				
$m_j/4$	2	なし	小	99.01	81.94	0.10	0.00	6.91	3.38	65.86	39.27	113.18	75.51				
		有	大	95.55	79.58	0.19	0.00	6.10	2.54	65.38	38.93	110.19	66.83				
$m_j/2$	4	なし	小	98.79	81.25	0.00	0.00	5.53(1.95)	2.37(0.71)	65.00	39.06	107.58	74.29				
		有	大	95.37	80.60	0.00	0.00	5.02(1.68)	2.20(0.64)	64.70	39.04	101.35	69.12				
$m_j/4$	4	なし	小	188.27	150.18	20.39	9.43	4.85	3.88	64.09	40.05	170.73	128.46				
		有	大	164.68	131.47	12.80	2.38	2.53	0.39	64.15	39.63	160.42	81.80				
$m_j/4$	4	なし	小	170.60	145.92	11.37	5.08	2.62(1.55)	1.28(0.68)	63.24	39.65	174.95	130.63				
		有	大	161.06	132.66	8.26	2.09	2.16(1.09)	0.36(0.11)	64.00	39.45	163.00	102.76				
$m_j/4$	4	なし	小	162.74	138.61	1.37	0.00	2.80	1.21	64.41	39.05	169.44	95.66				
		有	大	152.26	134.31	0.06	0.00	2.01	0.51	64.15	39.19	153.30	77.82				
$m_j/4$	8	なし	小	160.09	135.47	0.37	0.00	2.03(0.97)	0.23(0.09)	63.88	38.97	162.33	115.28				
		有	大	150.37	134.78	0.06	0.00	1.58(0.81)	0.13(0.03)	64.47	39.26	154.41	99.22				
$m_j/4$	8	なし	小	289.72	246.84	7.22	0.75	0.82	0.00	63.36	40.16	152.57	82.94				
		有	大	275.62	245.87	2.23	0.34	0.02	0.00	63.85	39.77	152.46	41.96				
$m_j/4$	8	なし	小	279.37	246.84	4.12	0.75	0.52(0.26)	0.00(0.00)	63.61	40.16	230.15	197.47				
		有	大	274.93	245.87	2.23	0.34	0.05(0.03)	0.00(0.00)	63.99	39.77	218.27	189.28				

表 5・3・9 № 37 のバス停での集計結果

1 分間の バス 停 到着人数	運転 間隔	追越	ドア	1 人あたりの平均待時間 (秒)		バス1台あたり平均積残数 (人)		バス 1 台あたり平均だん ご回数 (平均追越回数)	
				レーンなし	レーンあり	レーンなし	レーンあり	レーンなし	レーンあり
m_j	2	なし	小	192.50	160.32	0.01	0.0	0.25	0.32
			大	170.19	131.34	0.0	0.0	0.26	0.30
		あり	小	181.76	171.34	0.0	0.0	0.17 (0.07)	0.11 (0.03)
			大	153.46	124.08	0.0	0.0	0.16 (0.08)	0.08 (0.05)
$m_j/2$	2	なし	小	193.68	150.09	0.0	0.0	0.25	0.27
			大	166.76	128.17	0.0	0.0	0.17	0.17
		あり	小	192.76	144.78	0.0	0.0	0.13 (0.06)	0.08 (0.03)
			大	153.45	126.77	0.0	0.0	0.15 (0.03)	0.13 (0.08)
$m_j/4$	2	なし	小	166.24	133.31	0.0	0.0	0.15	0.11
			大	182.41	108.14	0.0	0.0	0.19	0.07
		あり	小	189.01	118.76	0.0	0.0	0.16 (0.05)	0.08 (0.03)
			大	149.20	121.17	0.0	0.0	0.12 (0.11)	0.06 (0.01)
$m_j/2$	4	なし	小	263.92	230.56	0.0	0.0	0.12	0.21
			大	228.49	169.07	0.0	0.0	0.08	0.01
		あり	小	225.37	211.30	0.0	0.0	0.05 (0.02)	0.03 (0.01)
			大	202.16	160.30	0.0	0.0	0.03 (0.02)	0.00 (0.0)
$m_j/4$	4	なし	小	247.46	184.95	0.0	0.0	0.09	0.04
			大	210.91	141.28	0.0	0.0	0.05	0.04
		あり	小	244.61	189.71	0.0	0.0	0.05 (0.02)	0.00 (0.0)
			大	201.58	122.59	0.0	0.0	0.08 (0.05)	0.00 (0.0)
$m_j/4$	8	なし	小	317.07	271.91	0.0	0.0	0.04	0.00
			大	298.70	269.54	0.0	0.0	0.00	0.00
		あり	小	291.20	271.91	0.0	0.0	0.03 (0.02)	0.00 (0.0)
			大	294.18	269.54	0.0	0.0	0.00 (0.0)	0.00 (0.0)

(a) m_j に着目 (レーンなし、追越なし)



(b) 運転間隔に着目 (追越なし) (平均乗車効率100%)

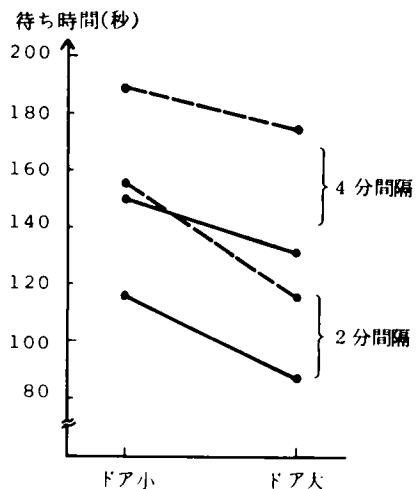


図 5・3・6 ドア軸の大小と平均待ち時間の関係

表5・3・10 №40のバス停での集計結果

1 分間の バス 停 到着人数	運転 間隔	追越	ドア	1 人あたりの平均待ち時間 (秒)		バス1台あたり平均積残数 (人)		バス1台あたり平均た んど回数 (平均追越回数)	
				レーンなし	レーンあり	レーンなし	レーンあり	レーンなし	レーンあり
m_j	2	なし	小	300.73	224.54	25.27	18.91	0.54	0.58
			大	184.93	137.24	15.01	10.01	0.38	0.42
		あり	小	337.77	363.12	19.68	29.44	0.49 (0.45)	0.51 (0.50)
			大	195.43	168.71	10.58	9.80	0.32 (0.27)	0.36 (0.29)
$m_j/2$	2	なし	小	219.41	178.56	4.18	2.84	0.48	0.43
			大	167.79	117.20	2.74	0.60	0.31	0.30
		あり	小	189.44	153.30	0.96	0.71	0.36 (0.31)	0.36 (0.28)
			大	144.89	111.33	0.50	0.00	0.24 (0.19)	0.25 (0.21)
$m_j/4$	2	なし	小	158.28	123.72	0.07	0.00	0.27	0.22
			大	153.54	101.70	0.15	0.00	0.22	0.15
		あり	小	162.89	108.79	0.00	0.00	0.26 (0.21)	0.18 (0.17)
			大	139.83	104.23	0.00	0.00	0.17 (0.12)	0.12 (0.08)
$m_j/2$	4	なし	小	308.89	235.05	11.01	5.90	0.32	0.32
			大	232.08	161.38	6.78	1.89	0.16	0.04
		あり	小	289.42	229.65	8.54	3.85	0.22 (0.22)	0.21 (0.20)
			大	236.76	160.84	4.54	1.40	0.10 (0.10)	0.08 (0.08)
$m_j/4$	4	なし	小	236.92	167.82	1.18	0.00	0.16	0.08
			大	191.52	148.08	0.00	0.01	0.07	0.04
		あり	小	228.46	158.16	0.37	0.00	0.17 (0.16)	0.04 (0.04)
			大	183.80	147.86	0.05	0.00	0.09 (0.08)	0.01 (0.01)
$m_j/4$	8	なし	小	366.34	260.09	4.63	0.00	0.07	0.00
			大	318.90	244.62	1.64	0.13	0.07	0.00
		あり	小	335.26	260.09	1.92	0.00	0.03 (0.03)	0.00 (0.0)
			大	327.30	244.62	1.11	0.13	0.00 (0.0)	0.00 (0.0)

バスレーン、追越がともない状態での4分間隔と2分間隔それぞれのバス運転間隔の場合に、図5・3・6(a)は1分間にバス停に到着する人数の違いがドア幅拡大にともなう平均待ち時間の短縮に与える影響を示している。

この図からたとえば2分間隔の場合、次のことがわかる。

①バス停到着人数が m_j のとき、ドアが小さい場合の平均待ち時間は156秒であるが、ドア幅拡大によって116秒と約25.5%短縮される。

②バス停到着人数が $m_j/2$ のとき、ドア幅の拡大によって、平均待ち時間は107秒から98秒と約7.9%短縮される。

③同じ運転間隔の場合、1分間にバス停に到着する人数が多いほど、ドア幅の拡大による平均待ち時間の短縮に対する効果が大きい。なおこの短縮の割合は表5・3・11に示すとおりである。

2) バス運転間隔による効果の違い

図5・3・6(b)は、追越がない状態でのバスレーンのある場合とない場合それぞれについて、平均乗車効率が100%のときのバス運転間隔の違いが、ドア幅の拡大による平均待ち時間の短縮に与える影響を示している。

また1分間にバス停に到着する人数とバスの運転間隔の積が同じ場合、すなわち平均乗車効率が同じ場合、バス運転間隔別に、ドア幅拡大にともなう平均待ち時間の短縮割合を表5・3・12に示す。

表 5・3・11 1 分間にバス停に到着する人数に着目した場合のドア拡大による待ち時間短縮率(%)

バスレーン	運転間隔 (分)	追越	1 分間のバス停到着人数		
			m_j	$m_j/2$	$m_j/4$
なし	2	なし	25.52	7.90	3.49
		有	17.98	9.57	3.46
	4	なし	—	12.53	6.44
		有	—	5.60	6.07
	8	なし	—	—	4.87
		有	—	—	1.59
設置	2	なし	25.36	14.32	2.88
		有	30.59	8.21	0.80
	4	なし	—	12.46	3.10
		有	—	9.09	0.51
	8	なし	—	—	0.40
		有	—	—	—

表 5・3・12 運転間隔に着目した場合のドア拡大による待ち時間短縮率(%)

バスレーン	到着人数 運転間隔	追越	運転間隔(分)		
			2	4	8
なし	2 m	なし	25.52	12.53	4.81
		有	17.98	5.60	1.59
	m	なし	7.90	6.44	—
		有	9.57	6.07	—
	$m/2$	なし	3.49	—	—
		有	3.46	—	—
設置	2 m	なし	25.36	12.46	0.40
		有	30.59	9.09	—
	m	なし	14.32	3.10	—
		有	8.21	0.51	—
	$m/2$	なし	2.88	—	—
		有	0.80	—	—

②バス同士の追越を許す場合、ドア幅の拡大により、平均運行所要時間はわずかに増大する傾向にある。なおこの理由は、追越の効果の項で述べる。

(2) バスレーン設置の効果

(a) 乗客の平均待ち時間

図 5・3・8 に、横軸にバスレーンの有無、縦軸に平均待ち時間を秒単位でとり、追越の有無、ドア幅の大小について 4 つの場合を示す。

①この図から、どの場合もバスレーンを設置すれば平均待ち時間は短縮されることがわかる。

この理由はつぎの 2 つである。

(i) バスレーンの設置によって、走行時間の偏差(式(5・2・7)参照)が小さくなり、バスの運転間隔の乱れが起これにくくなるためと考えられる。

これら図 5・3・6 (b) と表 5・3・12 から、バスの平均乗車効率が同じ場合、運転間隔が小さいほど、ドア幅の拡大による平均待ち時間の短縮に対する効果が大きいことがわかる。

(b) 平均運行所要時間

図 5・3・7 は、横軸にドア幅の大小、縦軸にバス 1 台あたり平均運行所要時間を分単位でとり、1 分間にバス停に到着する人数とバス運転間隔の積が同じ場合、すなわちバスの平均乗車効率が同じである場合、運転間隔を 8 分、4 分、2 分の 3 通りに変えたとき、ドア幅の拡大が平均運行所要時間の短縮に与える影響を示している。

この図 5・3・7 からつぎのことがわかる。

①バス同士の追越がない場合、運転間隔の小さい方が、バス運行所要時間の短縮効果は大きい。

なお運転間隔が 2 分の場合でも、平均運行所要時間の短縮は 2 分程度である。この理由は、本来ならドア幅の拡大によって乗降時間が短縮されて、平均運行所要時間も短縮されるはずであるが、式(5・2・4)の $Q-V$ 式には乗降時間の短縮まで考慮されていないためと考えられる。

なお運転間隔が小さい場合に、平均運行所要時間がわずかに短縮されたのは次の理由によると考えられる。

だんだん運転状態が生じる場合、後のバスは前のバスが発車するのを待たねばならない。しかし、ドア幅の拡大による停車時間の短縮、運転間隔の乱れの減少、だんだん運転生起回数の減少(表 5・3・8 参照)などによって、後のバスが前のバスの発車を待つ時間が少なくなるためであろう。

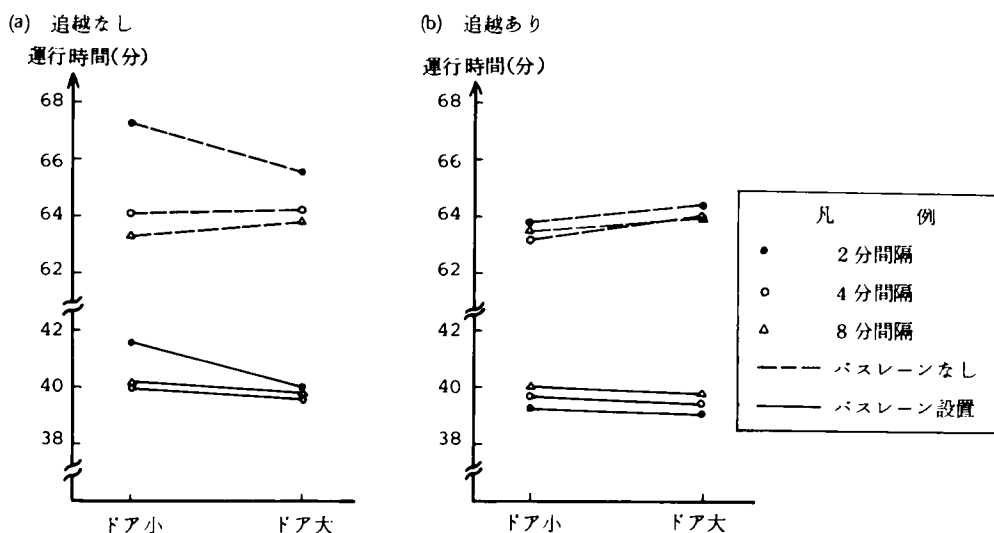


図5・3・7 ドア幅の拡大と平均運行時間の関係

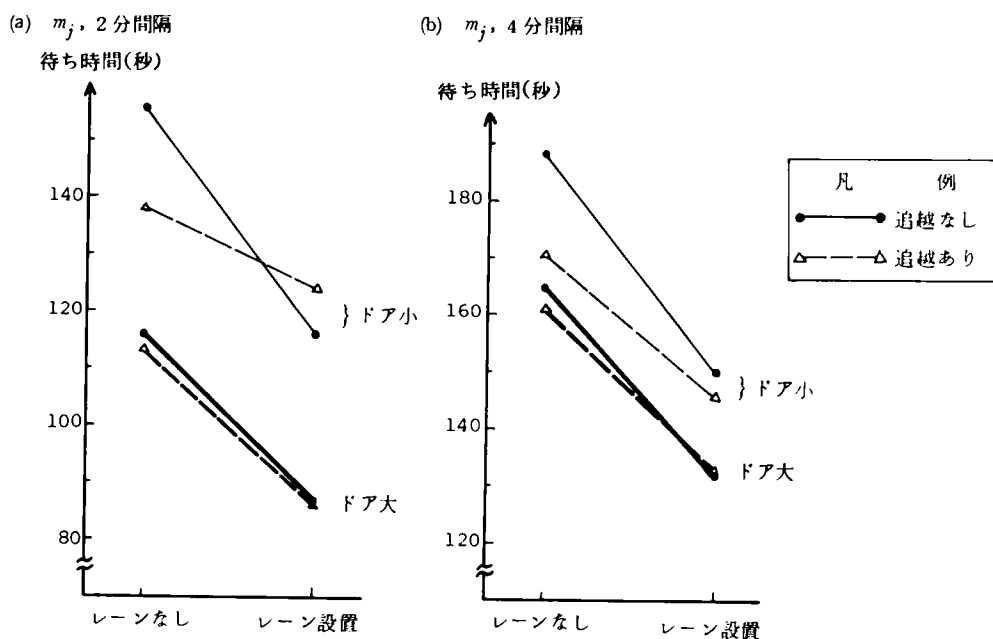


図5・3・8 バスレーン設置と平均待ち時間の関係

(ⅱ) 表5・3・1からわかるようにレーン設置時は乗客が増えるので、表5・3・2に示されるバスの運転間隔が短縮されることにも起因するものと考えられる。

全バス停で乗車するすべての乗客の平均待ち時間は、上述したようにバスレーンを設置することによって短縮される。

②しかし、バス停に1分間に到着する人数が m_j 、バスの運転間隔2分、ドア幅が小さく、追越を認める場合、図5・3・9に示すように、第40番目のバス停では、バスレーンを設置した方が平均待ち時間が長くなる。

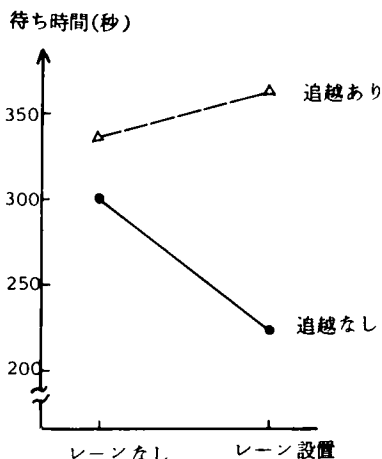


図5.3.9 40番目バス停におけるバスレーンと平均待ち時間の関係(m_j : 2分間隔)

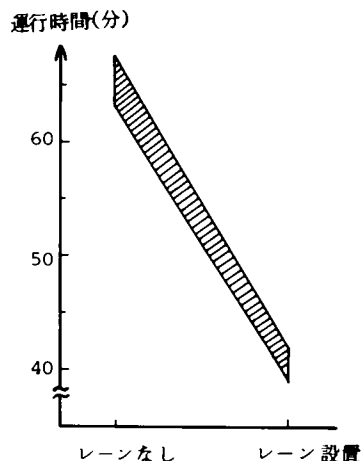


図5.3.10 バスレーン設置と運行所要時間の関係

この理由は、レーンのある場合、次の(3)で述べる追越による悪影響が大きいためと考えられる。

(b) 平均運行所要時間

- ① バスレーン設置による平均運行所要時間の短縮効果は、図5.3.10に示す図の斜線部分内に入っている。
- ② この図と表5.3.8から、バスレーン設置によって、平均運行所要時間はほぼ一律に40%減少することがわかる。これはバスレーン設置による走行速度の向上が原因と考えられる。

(3) バス同士の追越の効果

(a) 乗客の平均待ち時間

- ① バス同士の追越を認めると、図5.3.11に示すように、待ち時間が短縮される場合と長くなる場合とがある。次の2つのことがこの理由として考えられる。

(i) だんご運転が生じた場合、追越を行えば、車内人数の少ないバスが車内人数の多いバスの前を走るので、追越した先のバス停では積み残しが少なくなり、乗客の平均待ち時間は短縮される傾向にある。

(ii) だんご運転が起こる場合、追越を許さなければ、だんごになったバス群の先頭車に積み残された人はすぐ後方に続くバスに乗車することができる。

ところが、追越を認めれば、だんごになったバス群の先頭車に積み残された人は、すぐ後に続くバスが乗車サービスを行わず先に発車するため、次のバスが来るまで待たねばならない。このため、追越を行なうことによって、乗客の平均待ち時間は長くなる傾向にある。

以上2つの要因がかさなって、図5.3.11に示すように待ち時間の短縮される場合と長くなる場合が生じると考えられる。

- ② 第40番目のバス停のように、運転間隔が2分でバス停到着人数が多い場合、バス同士の追越を認めると平均待ち時間が長くなる。

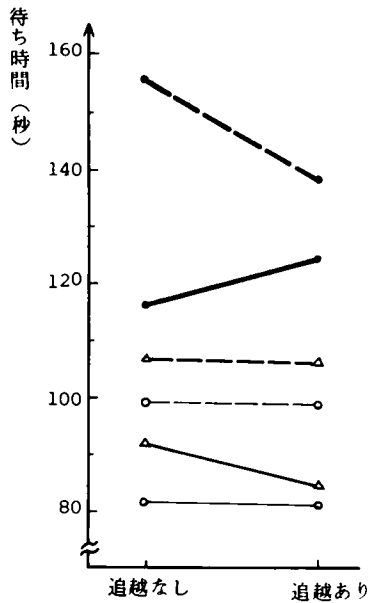
この理由には次のことが考えられる。

第40番目バス停では乗車する客が多いため、だんご運転の生じる機会が多く(表5.3.10参照)、追越を認めれば追越回数も多くなる。そのため、先に述べた2つの要因のうち第2の要因が大きく影響し、待ち時間は長くなる。

以上の考察から、追越が良い影響を与えるか悪い影響を与えるかはバス系統ごと、特にバス停の乗客到着人数の多少によって異なり、各系統ごとに個々別々に計算する必要のあることが予想される。

(b) 平均運行所要時間

(a) ドア小



(b) ドア大

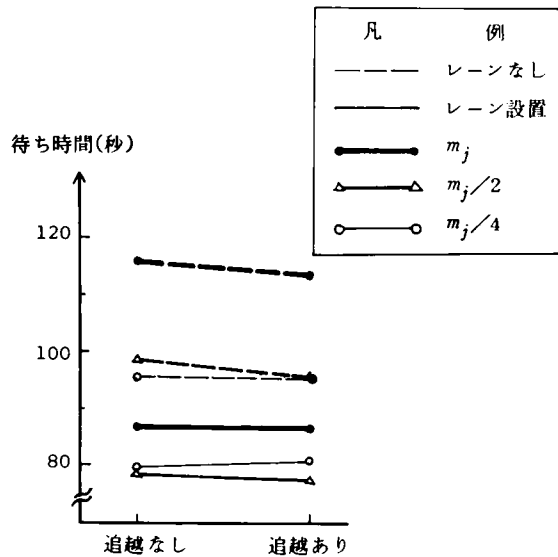
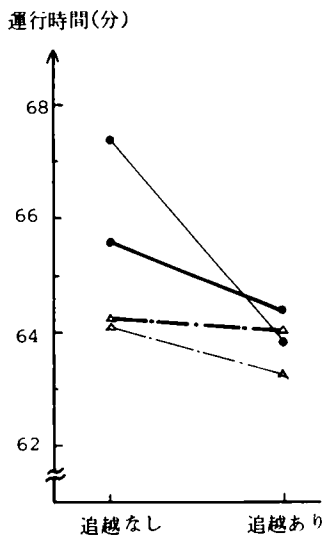


図 5・3・11 平均待ち時間と追越の関係(2分間隔)

- ①追越を認めることによって、図 5・3・12 に示すように、平均運行所要時間は短くなる傾向にある。
この理由は、だんご状態になった場合、追越を認めなければ前のバスが発車するまで待たねばならないが、追越を認めれば前のバスの発車まで待つ必要がないためであると考えられる。
- ②また追越を認めた場合、ドア幅の小さい方が平行運行所要時間の短縮効果が大きい。(図 5・3・12 参照)

(a) バスレーンなし



(b) バスレーン設置

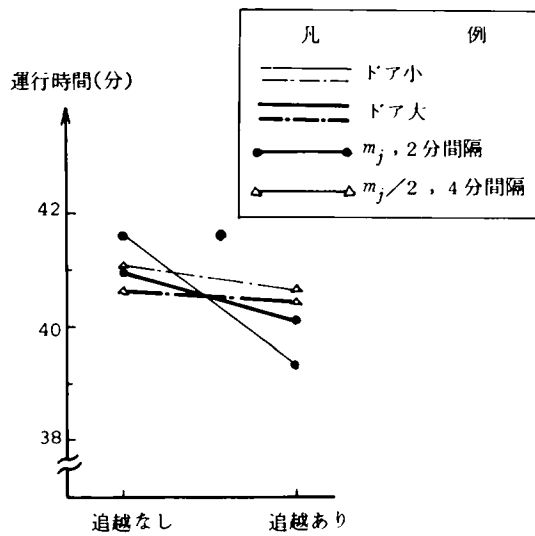


図 5・3・12 平均運行時間と追越の関係

この理由は、ドア幅の小さい方がだんだん運転が生じやすいため、追越回数が多くなり、その結果停車時間が短縮されるからと考えられる。

(4) バスの運転間隔の影響

最混雑区間のバスの平均乗車効率を変えないように、1分間のバス停への到着人数とバスの運転間隔を変えると、図5・3・13に示すように、運転間隔の大きい方が平均待ち時間の運転間隔に対する比率は小さくなる傾向にある。

この比率は、乗客がバスの運転間隔を知っている場合、乗客が予想する平均待ち時間の何倍待たねばならないかを知る指針となり、この比率が低いほどバス運行の信頼性が高いと考えられる。

(a) 乗車効率 100 %

(b) 乗車効率 50 %

待時間／運転間隔

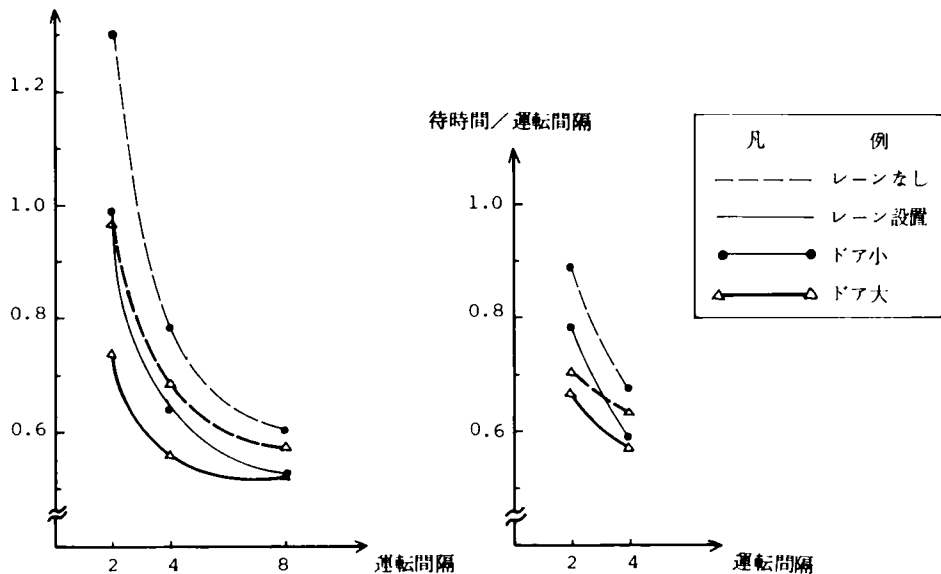


図5・3・13 運転間隔と待ち時間の関係

(5) 1分間に到着する人数の影響

バスの運転間隔が同じ場合、1分間にバス停へ到着する人数が減少すると、乗車効率が低下し、図5・3・14に示すように、乗客の平均待ち時間が短縮される。

これはバスの混雑度が低くなり、乗客の積み残し数が少なくなるうえ、乗降時間が短縮されて、バスの運転間隔の乱れが少なくなるためと考えられる。(表5・3・8参照)

(6) 各方策の相互比較

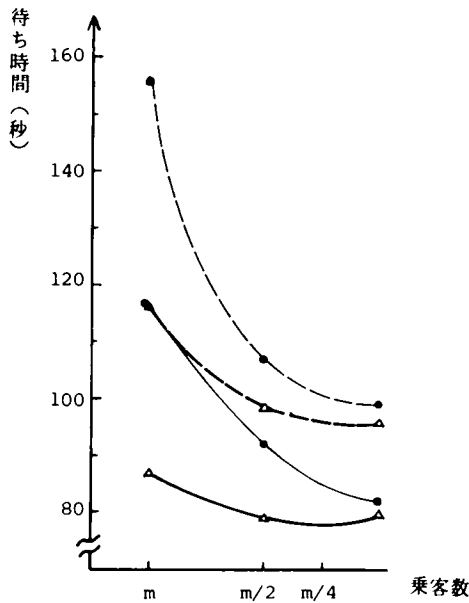
以上の(1)から(5)では、ドア幅の拡大、バスレーンの設置、バス同士の追越、の各方策が待ち時間と運行所要時間に及ぼす影響について考察した。ここではどの方策が待ち時間および運行所要時間短縮に対する効果が大きいのかについて述べる。

1) ドア幅の拡大の場合つぎのようである。

①表5・3・12からわかるように、運転間隔2分、バス同士の追越を認める場合、平均待ち時間は30.6 %も短縮される場合がある。

②運転間隔が大きくなり、かつ1分間あたりのバス停に到着する客の数が少なくなるにつれて効果は小さくなる。ちなみに8分間隔でバス停到着人数が $m_j/4$ の場合、わずか0.04 %ないし4.87 %しか短縮されない。

(a) 2分間隔



(b) 4分間隔

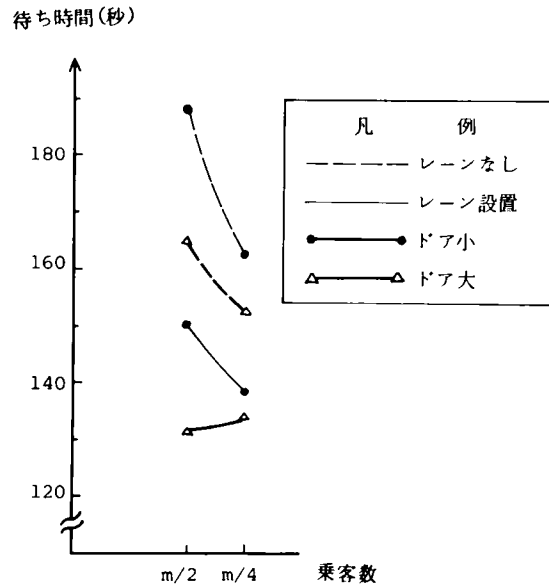


図 5・3・14 乗客数と待ち時間の関係

③平均運行時間は、2分間隔を除けばあまり短縮されない。

2) バスレーン設置の場合次のようである。

①待ち時間は、ドア幅小、運転間隔 2 分、バス停到着人数が多い場合、表 5・3・13 に示すように最高 25.3% 短縮される。

②バスの運転間隔が大きい時でも、あるいは 1 分間あたりのバス停に到着する客の数が少ない時でも、効果はあまり薄れない。たとえば最も効果の少ない場合でも、約 10% 待ち時間は短縮される。

③バスレーンを設置すれば、運行所要時間はバスレーンがない場合に比較してほぼ 40% 減少する。これはバスレーンを設置すれば、バス停間走行時間が短縮されるからだと考えられる。

3) バス同士の追越を認める場合、次のようである。

①平均待ち時間は、短縮される場合や長くなる場合もある。

②平均運行所要時間は、約 2% ないし 7% の短縮である。

以上の考察から次のことが言える。

①バスレーン設置は、平均待ち時間の短縮において、バスの運転間隔や 1 分間あたりのバス停に到着する客の多少にかかわらず、安定した改善策である。

②どのような運行特性を持つバス系統でも、バスレーン設置の効果は大きい。

③ドア幅の拡大は、運転間隔の大きいバス系統や、乗降人数の少ないバスでは、効果的でない。

表 5・3・13 バスレーンによる待ち時間短縮の割合(%)

ドア幅	到着人数 × 運転間隔	追越	運転間隔(分)		
			2	4	8
小	2 m	なし	25.34	20.23	14.80
		有	10.24	14.47	—
	m	なし	13.84	14.83	—
		有	21.46	15.38	—
	m/2	なし	17.24	—	—
		有	17.75	—	—
大	2 m	なし	25.18	20.16	10.79
		有	23.92	17.63	—
	m	なし	19.84	11.79	—
		有	19.26	10.37	—
	m/2	なし	16.71	—	—
		有	15.49	—	—

④バス同士の追越は、実際の路線のバス停への到着人数の状況を知った上で、バス停ごとに実施するかどうかを決定する必要がある。

5・4 ある街路網内を運行するバス1系統における試算例^{9)～12)}

5・4・1 概 説

ここでは、5・2で提案したモデルをある街路網内を実際に運行する任意のバス系統に適用する。

対象例として、京都市内の路線バスを取りあげる。ここで対象とするバス系統は、4・4・3における第7系統すなわち京都市交通局の3番系統である。

試算における与件は各バス停の乗降客数、各バス停間の一般車交通量、バス必要台数、バス発車間隔などであるが、ここでは4・4・6の試算結果をインプットデータとして用いる。

モデルでは各バス停ごとの乗降客数が必要であるが、4・4・6の試算から得られるデータはノードごとのバス利用ODである。

そこで5・4・2では、4・4・6で得られるノード間バス利用ODを、実際の路線の各バス停での乗降客数に比例して配分する。

また実際の路線とモデルの路線とは対象区間の延長が異なるため、実際の路線の運行所要時間を考慮に入れて、4・4・6で得られる運転間隔を用いてバス必要台数を修正する。

つぎに試算ケースとして、4・4・5のバスレーン網設置案の中から任意に6つのバスレーン設置案を選出し、それぞれの設置案について乗降ドア幅の大小、だんご運転時のバス同士の追越の有無に関する4つの組み合わせをつくり、合計24のケースを設定する。

つぎに5・4・3では、24ケースそれぞれについて5・2で提案したモデルを用いて、乗客の平均待ち時間、積み残し乗客数、バスの運行所要時間、だんご運転生起回数などを試算する。試算結果を用いて、バスの乗降ドア幅を拡大する方策、だんご運転時にバス同士の追越を認める方策、バスレーンを設置する方策などそれぞれのバス運行に対する改善策が、前記の諸指標に与える影響を比較検討し、3つの方策の優劣を述べる。

5・4・2 試算の与件、インプットデータとケース設定

本節では、バス運行モデルの与件として、4・4・6におけるマクロモデルによる試算から得られる結果の中から適当なケースを選出し、それぞれのケースのノード間一般車交通量、バスの運行本数、バスの必要台数、バスのOD乗客数を用いる。そこでこれらを用いて、バス運行モデルによる乗客の待ち時間、バスの運行所要時間、だんご運転生起回数、積み残し乗客数、などの試算に必要なデータの作成方法およびケースについて述べる。

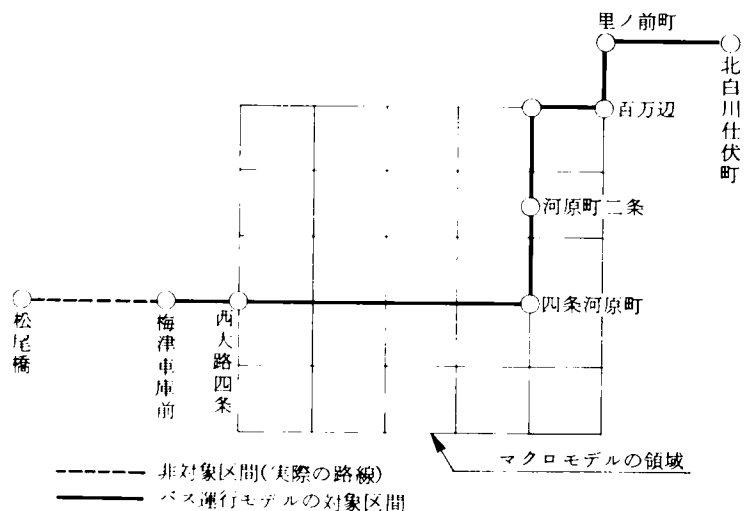


図5・4・1 対象バス系統

(1) 試算の与件

(a) バス系統

3・4・3のマクロモデルの

バス路線（図4・4・4参照）における第7系統（現行の③番系統、表4・4・2参照）を対象とする。

この系統の実際の運行路線と、バス運行モデルに適用する対象区間の比較を図5・4・1に示す。

(b) バス停留所と運転区間

すべてのバスは「梅津車庫前」を始発および終着バス停とし、「北白川仕伏町」で折返すものとする。バス停留所名とバス停番号との対応を表5・4・1に示す。また途中のバス停間距離は京都市交通局交通調査集計資料（昭和47年9月）に基づく値を用いる。

(c) バスレーンの設置

4・4・3のマクロモデルのレーン設置区間（図4・4・11参照）におけるA, R, D, Q, T, Zの6つのバスレーン設置ケースを考える。

(2) インプットデータの作成方法

(a) 各バス停の1分間あたり平均到着人数

図5・4・1に示す街路網内で対象とする系統バスが通過するノード間の1時間あたりOD別バス利用者数はマクロモデルから求められる。そこでこのバス乗客のOD別利用者数をもとに、下記に述べる方法で各バス停への1分間あたり平均到着人数を求め、これを表5・4・1に示す。

(i) ノードのみにバス停があるものとして、マクロモデルのOD別バス利用者数から、各ノードの乗客数を求める。

(ii) つぎにノードでの乗客数を図5・4・2に示すように、各バス停へ配分する。このときの配分は、京都市交通局が昭和47年9月に行なったバス乗客流動調査による各バス停における乗車人数を基準にして、バス停乗車人数に比例配分する。

(b) 一般車交通量

バスレーン設置ケースごとに、マクロモデルから算出されるそれぞれの区間別一般車交通量の値を用いる。なおマクロモデルで扱われていない街路区間については、次のように一般車交通量を与え

表5・4・1 各バス停への1分間あたり平均到着人数

バス 停No	バス停名	バスレーン設置ケース					
		Z	R	D	T	Q	A
52	梅津車庫前	5.55	5.64	5.81	5.82	6.06	6.29
1	四条中学前	2.49	2.54	2.61	2.62	2.72	2.83
2	西院巽町	0.94	0.95	0.98	0.99	1.03	1.07
3	西大路四条	2.42	2.47	2.54	2.54	2.65	2.75
4	四条御前通	2.30	2.35	2.41	2.42	2.52	2.62
5	四條中新道	3.36	3.42	3.52	3.53	3.67	3.82
6	四條坊城	0.87	0.88	0.91	0.92	0.96	0.94
7	四條大宮	2.23	2.27	2.35	2.38	2.46	2.41
8	四條堀川	2.69	2.75	2.77	2.79	2.91	2.88
9	四條西洞院	4.70	4.81	4.83	4.88	5.09	5.04
10	四條烏丸	1.08	1.13	1.14	1.16	1.21	1.23
11	四條高倉	2.84	2.97	3.00	3.07	3.19	3.25
12	四條河原町	5.20	5.43	5.40	5.53	5.75	5.77
13	河原町三条	3.37	3.38	3.46	3.57	3.71	3.77
14	河原町二条	0.68	0.69	0.70	0.73	0.76	0.77
15	河原町丸太町	3.04	3.03	2.98	3.09	3.20	3.22
16	府立病院前	0.19	0.19	0.19	0.19	0.20	0.20
17	白梅園子	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
18	河原町今出川	0.42	0.41	0.40	0.41	0.42	0.41
19	加茂大橋東詰	0.30	0.29	0.29	0.29	0.30	0.29
20	百万辺	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	里ノ前町	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	田中樋ノ口町	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	北白川小倉町	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	北白川別当町	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	上池田町	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	北白川仕伏町	2.04	2.06	2.04	2.19	2.25	2.24
27	上池田町	0.88	0.89	0.88	0.94	0.97	0.96
28	北白川別当町	1.32	1.33	1.33	1.42	1.46	1.45
29	北白川小倉町	1.93	1.94	1.93	2.07	2.13	2.12
30	田中樋ノ口町	1.46	1.48	1.47	1.57	1.61	1.61
31	里ノ前町	2.06	2.08	2.06	2.21	2.27	2.26
32	百万辺	0.40	0.41	0.41	0.43	0.45	0.44
33	加茂大橋東詰	6.75	6.84	6.78	6.83	7.13	7.17
34	河原町今出川	3.44	3.49	3.46	3.48	3.64	3.66
35	白梅園子	0.27	0.28	0.27	0.28	0.29	0.29
36	府立病院前	1.46	1.52	1.56	1.58	1.60	1.62
37	河原町丸太町	2.11	2.21	2.27	2.29	2.32	2.35
38	河原町二条	1.59	1.73	1.78	1.74	1.78	1.86
39	河原町三条	1.31	1.42	1.47	1.44	1.47	1.54
40	四條河原町	4.90	5.03	5.15	5.13	5.28	5.42
41	四條高倉	0.80	0.81	0.84	0.83	0.86	0.86
42	四條烏丸	3.19	3.24	3.35	3.31	3.44	3.45
43	四條西洞院	0.72	0.72	0.74	0.74	0.77	0.76
44	四條堀川	3.75	3.78	3.88	3.86	4.02	3.96
45	四條大宮	5.84	5.89	6.01	6.07	6.33	6.64
46	四條坊城	0.51	0.51	0.52	0.53	0.55	0.58
47	四條中新道	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
48	四條御前通	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
49	西大路四条	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50	西院巽町	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
51	四条中学前	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



図 5・4・2 バス停への配分

(d) 各バス停での平均降車人数

マクロモデルにより求まる③番系統の1時間あたりノード間バス利用者数と、(c)で求めたバス運行に必要な台数から、(a)と同様の手順を経て、バスレーン設置ケースごとにそれぞれ各バス停での平均降車人数を算出し、これを表 5・4・4 に示す。

(e) 乗降時間の推定式の係数

5・3・2 の表 5・3・4 と同じ値を用いる。

(f) 区間速度推定式の係数と区間速度の偏差

5・3・2 の表 5・3・5 と同じ値を用いる。

(3) ケース設定

マクロモデルの A, R, D, Q, T, Z の6つのケースそれぞれについて、バス同士の追越の有無とドア幅の大小に関して4つの組み合わせを設定し、合計24ケースの試算を行なう。

試算の対象となる時間は前項2の(c)で求められた必要台数のすべてのバスが、始発バス停に再び戻ってくるまでの時間とする。また24ケースそれぞれに乱数を変えて8回試算する。

5・4・3 試算結果とその考察

前節で述べた24ケースについて、乱数を変えてそれぞれ8回ずつの試算を行ない、だんご運転生起回数、バス運行所要時間、乗客の平均待ち時間、積み残し数の平均値を表 5・4・5 に示す。またバスレーン設置距離とバスの運転所要時間、乗客の平均待ち時間、バス1台あたり平均積み残し数、平均だんご運転生起回数、平均追越回数との関係をそれぞれ図 5・4・3、5・4・4、5・4・5、5・4・6、5・4・7 に示す。

る。

(i) 四条通りの番大路通り以西、および「北白川仕伏町」と「里の前町」の間は実際の調査に基づく交通量を与える。

(ii) 東大路通りの今出川通り以北は、マクロモデルから求められるケースZの「百万辺」と「熊野」間の交通量を与える。

(iii) 上記(i)、(ii)で述べた各区間の交通量はケース A, R, D, Q, T, Z を通じて一定とする。

(c) バス運転間隔とバス必要台数

マクロモデルから得られる③番系統のバスレーン設置ケース別のバス運転間隔を表 5・4・2 に示す。

図 5・4・1 で示したように実際の運行路線とマクロモデル内の路線とは異なる。そこで、バスの運行を維持するために必要なバス台数を次のようにして変更する。「百万辺」と「北白川仕伏町」および「西大路四条」と「梅津車庫前」間の平均往復時間を考慮に入れて、バス必要台数を変更し、これを表 5・4・3 に示す。

表 5・4・2 ケース別バスの運転間隔(秒)

ケース	Z	R	D	T	Q	A
運転間隔	211.76	211.76	211.76	211.76	200.0	200.0

表 5・4・3 ケース別バス必要台数

ケース	マクロの バス必要台数	修正後の バス必要台数	1時間あたり バス必要台数
Z	17	26	17
R	15	24	17
D	14	23	17
T	13	22	17
Q	12	21	18
A	11	20	18

表 5・4・4 各バス停での平均降車人数

バス 停No	バスレーン設置ケース					
	Z	R	D	T	Q	A
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	2.40	2.45	2.53	2.53	2.47	2.60
7	14.07	14.32	14.77	14.82	14.42	15.18
8	5.01	5.01	5.25	5.28	5.21	5.28
9	10.22	10.22	10.70	10.78	10.62	10.77
10	9.31	9.51	9.71	9.67	9.58	9.43
11	4.63	4.73	4.82	4.80	4.76	4.69
12	22.59	23.35	23.77	23.59	23.44	23.61
13	4.12	4.41	4.52	4.43	4.23	4.46
14	7.04	7.53	7.72	7.57	7.22	7.61
15	4.76	5.00	5.09	5.07	4.94	5.01
16	9.53	10.01	10.20	10.16	9.89	10.04
17	2.69	2.74	2.73	2.74	2.70	2.71
18	18.53	18.88	18.85	18.92	18.65	18.71
19	12.78	13.03	13.01	13.05	12.87	12.91
20	7.65	7.68	7.66	8.25	8.05	8.02
21	4.67	4.68	4.67	5.03	4.91	4.89
22	3.05	3.06	3.05	3.29	3.21	3.20
23	0.78	0.78	0.78	0.84	0.82	0.82
24	3.11	3.12	3.11	3.35	3.27	3.26
25	0.50	0.50	0.50	0.54	0.52	0.52
26	11.36	11.40	11.36	12.24	11.94	11.90
27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
33	0.94	0.91	0.89	0.91	0.91	0.88
34	1.26	1.23	1.20	1.23	1.22	1.19
35	0.21	0.21	0.20	0.21	0.25	0.20
36	7.66	7.62	7.48	7.91	7.78	7.78
37	4.69	4.67	4.58	4.85	4.77	4.77
38	5.64	5.67	5.78	6.12	5.97	6.09
39	6.71	6.74	6.87	7.28	7.09	7.24
40	19.53	20.30	20.18	20.71	20.00	20.00
41	7.73	8.02	7.99	8.21	7.98	8.10
42	9.45	9.80	9.77	10.03	9.75	9.90
43	8.42	8.55	8.57	8.59	8.35	8.33
44	17.17	17.45	17.49	17.53	17.04	17.00
45	11.74	12.04	12.34	12.38	12.26	11.98
46	2.09	2.14	2.19	2.20	2.18	2.13
47	5.74	5.84	6.01	6.01	5.87	6.06
48	5.86	5.97	6.14	6.14	6.00	6.19
49	9.50	9.67	9.95	9.95	9.73	10.04
50	2.10	2.14	2.20	2.20	2.15	2.22
51	9.63	9.80	10.08	10.08	9.85	10.17
52	28.88	29.40	30.23	30.23	29.56	30.50

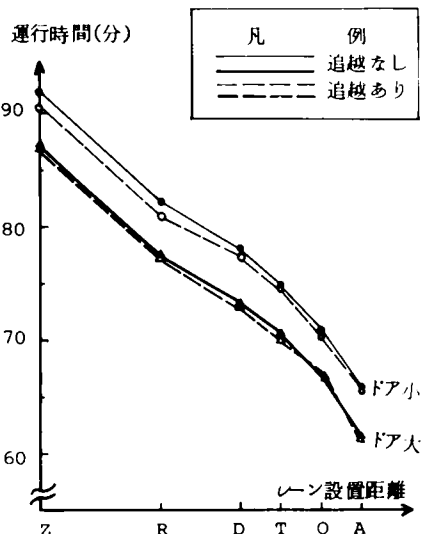


図 5・4・3 バスレーン設置と運行時間の関係

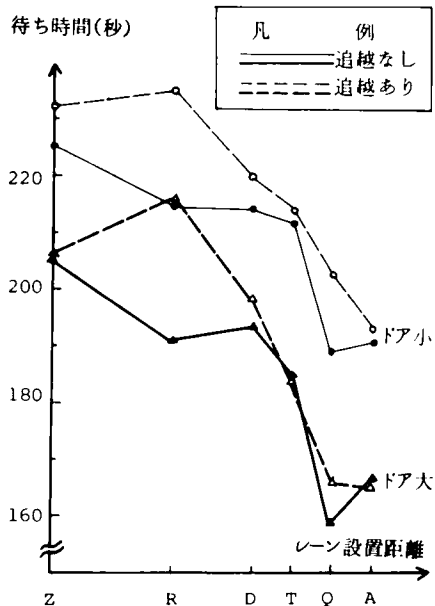


図 5・4・4 バスレーン設置と1人あたり平均待ち時間

表5・4・5 試 算 結 果

ケース	ドア幅	追越の有無	運行所要時間(分)	乗客1人あたり待ち時間(秒)	バス1台あたり積み残し数	だんご運転生起回数	追越回数	バス停到着時間間隔の偏差
Z	小	なし	91.80	225.3	129.1	4.66	—	156.89
		有	90.48	232.3	121.7	4.38	2.24	153.53
	大	なし	87.12	205.2	112.3	4.13	—	147.50
		有	86.95	206.1	95.7	4.69	1.98	144.72
R	小	なし	82.30	214.64	125.68	4.07	—	143.77
		有	80.97	234.78	121.95	4.79	2.49	154.90
	大	なし	77.54	191.22	123.32	3.04	—	133.53
		有	77.38	215.92	119.30	2.89	1.32	136.01
D	小	なし	78.27	214.3	124.6	3.98	—	142.23
		有	77.45	219.7	120.7	4.19	1.98	154.79
	大	なし	73.35	194.3	106.4	3.18	—	133.33
		有	72.88	198.3	104.4	2.83	1.17	139.78
T	小	なし	74.93	211.6	127.9	4.01	—	132.23
		有	74.58	214.0	121.5	3.84	1.95	147.27
	大	なし	70.47	185.0	100.0	2.36	—	128.29
		有	70.00	184.0	93.4	2.45	1.04	128.29
Q	小	なし	70.98	189.1	109.0	4.30	—	124.75
		有	70.32	202.6	117.6	4.22	2.10	140.11
	大	なし	66.31	158.9	73.8	2.15	—	109.99
		有	66.53	166.1	79.5	3.25	1.23	125.69
A	小	なし	65.89	190.5	119.7	3.10	—	117.75
		有	65.61	192.9	109.4	3.67	1.91	131.85
	大	なし	61.67	166.9	85.1	2.44	—	112.96
		有	61.31	165.5	85.7	2.10	0.78	118.93

積み残し数(人)

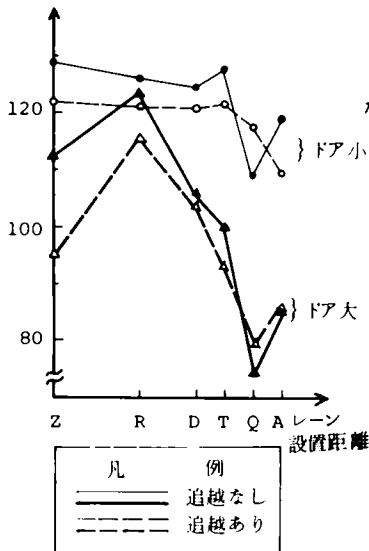


図5・4・5 積み残し数

だんご回数

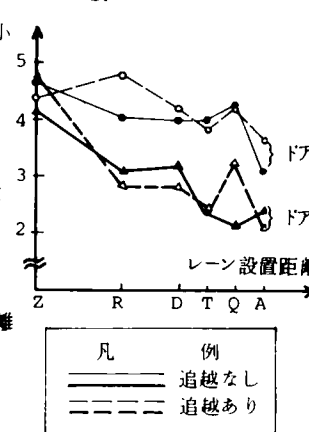


図5・4・6 だんご運転生起回数

追越回数

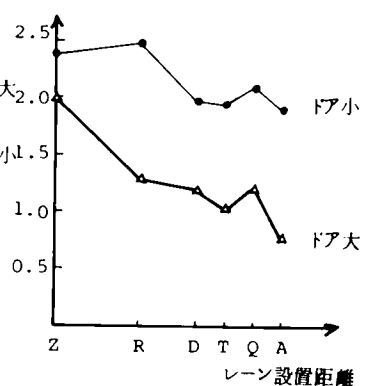


図5・4・7 追越回数

これらの図をみると、バスレーン設置距離に比例して、上記各指標はいずれも小さくなることがわかる。そこで以下に、ドア幅の拡大、バス同士の追越による各指標への影響について考察する。

(1) ドア幅の拡大の影響

ここでは、バスレーン設置ケースのZ, D, Aおよび追越の有無の状態をパラメータとした場合に、乗降ドア幅の拡大による各指標への影響について考察する。

(a) バスの平均運行所要時間

ドア幅拡大によるバスの平均運行所要時間を図5・4・8に示す。またドア幅拡大による平均運行所要時間の短縮割合を表5・4・6に示す。

表5・4・6 ドア幅が拡大した場合の運行時間減少率(%)

ケース	Z	R	D	T	Q	A
追越なし	5.1	5.8	6.3	6.0	6.6	6.4
追越あり	3.9	4.4	6.1	6.1	6.4	6.6

これらの図からつぎのことがわかる。

- ①バスの平均運行所要時間はドア幅の拡大によって一様に短縮される。これは乗降時間すなわち停車時間がドア幅を拡大すれば短縮されるためと考えられる。
- ②追越を認めない場合、ドア幅拡大の効果は、レーン設置状態に応じて5.1%ないし6.4%であるが、追越を認める場合は、3.9%ないし6.6%である。
- ③レーン設置がない場合、追越を認めない時の方が、ドア幅拡大による効果が大きい。
- ④レーン設置がある場合、追越の有無に関係なくドア幅の拡大効果はほぼ同じである。

運行時間(分)

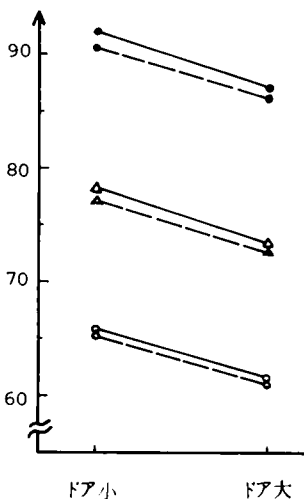


図5・4・8 ドアの拡大と平均運行時間

待ち時間(秒)

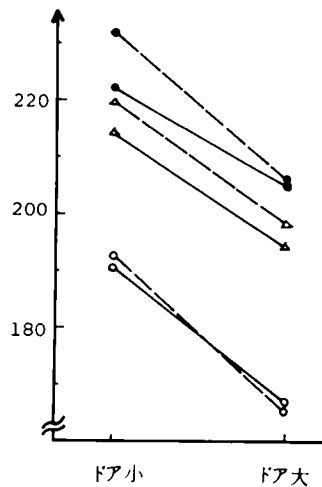


図5・4・9 ドアの拡大と平均待ち時間

(b) 乗客の平均待ち時間

ドア幅の拡大と平均待ち時間の関係を図5・4・9に示す。図5・4・4と図5・4・9からつぎのことがわかる。

- ①バス同士の追越の有無や、バスレーンの設置状態にかかわらず、ドア幅の拡大によって乗客の平均待ち時間は短縮される。

これはドア幅の拡大により、バスの乗降時間が短くなってバス停での遅延がおこりにくくなり、バスの運転間隔の乱れが小さくなるためであると考えられる。

つきにバスレーン設置ケースZに対する各場合の乗客の平均待ち時間の減少率を表5・4・7に示す。この表からつぎのことがわかる。

- ②バスレーン設置ケースDの追越を認める場合を除けば、ドア幅の大きい方が平均待ち時間の減少に対する効果が大きい。

表 5・4・7 ケースZの各場合に対する待時間の減少率(%)

ケース	ド ア 幅 小		ド ア 幅 大	
	追越なし	追越あり	追越なし	追越あり
A	15.5	17.0	19.0	20.7
Q	16.1	13.0	22.6	20.4
T	6.2	8.0	9.9	10.7
D	5.0	5.5	5.4	3.8
R	4.7	-0.1	6.8	-4.8

表 5・4・8 ドア幅拡大による待ち時間の減少率(%)

ケース	追越なし	追越あり
A	13.0	14.2
Q	16.0	18.0
T	12.6	14.0
D	9.4	9.8
R	10.9	8.1
Z	9.0	11.3

また各バスレーン設置ケース別、追越の有無別に、ドア幅が拡大した場合の平均待ち時間の減少率を表 5・4・8 に示す。この表からつぎのことがわかる。

③追越を認める方がドア幅拡大の効果が大きい。

④ただし追越を認めると全体的に平均待ち時間は増加しているため、どちらがよいとは言えないと思われる。復路「河原町二条」および復路「四条河原町」におけるドア幅の拡大と平均待ち時間の関係を、それぞれ図 5・4・10、図 5・4・11 に示す。これらの図からつぎのことがわかる。

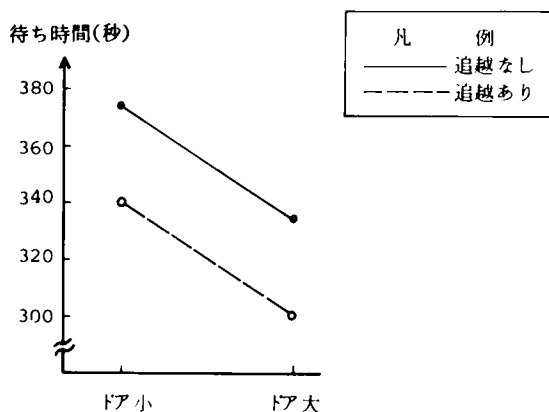


図 5・4・10 復路「河原町二条」におけるドアの拡大と平均待ち時間

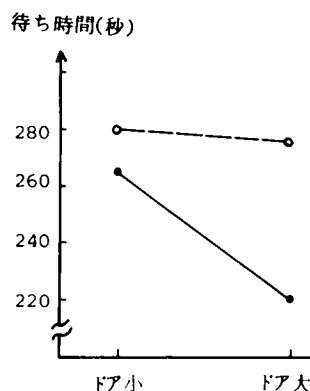


図 5・4・11 復路「四条河原町」におけるドアの拡大と平均待ち時間

①どちらのバス停においても追越の有無にかかわらず、ドア幅の拡大により平均待ち時間は短縮される。

②表 5・4・1 および表 5・4・4 に示すように、「四条河原町」は乗降が多く「河原町二条」は比較的乗降が少ない。このことから、ドア幅拡大による平均待ち時間の短縮の効果は、乗降の多いバス停にも、乗降の比較的小さいバス停にもおよぶことがわかる。

(c) バス1台あたり平均積み残し数

図 5・4・5 からつぎのことがわかる。

①ドア幅の拡大によってバス同士の追越の有無にかかわらず、積み残し数は減少する。

②ドア幅の拡大による平均積み残し数の減少率は最小で 13.1 %、最大で 32.3 %である。

③ドア幅の拡大による効果の一番大きいのは、ケースQである。

(d) だんご運転平均生起回数

図 5・4・6 から次のことがわかる。

①だんご運転生起回数はドア幅の拡大によって減少する。

②ドア幅の拡大による減少率は、追越のない場合、ケースZで最小 11.4 %、ケースQで最大 50 %である。

③追越を認める場合、最大の減少率はケースAの42.8%である。

④バスレーンを設置すると、レーンを設置しない場合よりも、ドア幅の拡大によって、だんご運転のおこる回数の減少は大きい。これはバスレーンを設置すれば、バスの間隔の乱れが少なくなるためと考えられる。

(c) 追越回数

①ドア幅拡大による追越回数の減少率は、ケースZ、D、Q、Aに対してそれぞれ11.7%、14.0%、46.7%、41.5%、59.2%である。

②バスレーンを設置しない場合よりもバスレーンを設置する方が、はるかにドア幅拡大による追越回数の減少率は大きくなる。これは前記(d)のだんご運転生起回数の減少と互に関係している。

(2) バス同士の追越の影響

(a) 平均運行所要時間

追越の有無と平均運行所要時間の関係を図5・4・12に示す。また追越による平均運行所要時間の短縮割合を表5・4・9に示す。これらの図表からつぎのことがわかる。

①バス同士の追越を認めても、平均運行所要時間に対する短縮の効果は少ない。

②ドア幅が小さい時で最大約1.4%、ドア幅が大きい時で最大0.7%それぞれ運行所要時間は短縮される。

表5・4・9 追越による運行時間の減少率

ケース	ドア幅大	ドア幅小
Z	0.2	1.4
R	0.2	1.6
D	0.6	1.1
T	0.7	0.5
Q	-0.7	0.9
A	0.6	0.4

運行時間(分)

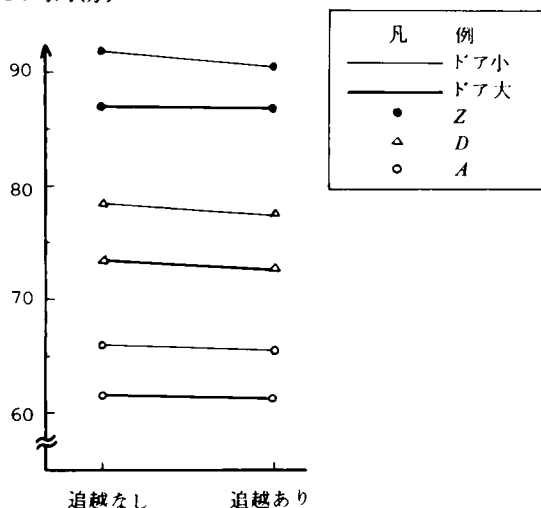


図5・4・12 追越の有無と平均運行時間

待ち時間(秒)

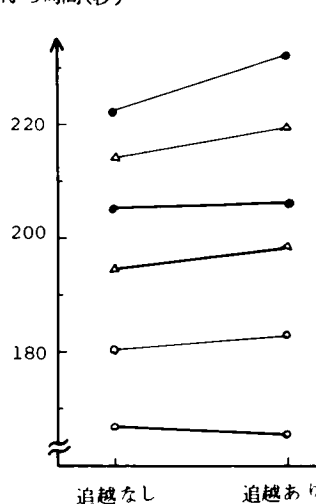


図5・4・13 追越の有無と平均待ち時間

(b) 乗客の平均待ち時間

バス同士の追越の有無と平均待ち時間の関係を図5・4・13に示す。図5・4・4と図5・4・13からつぎのことがわかる。

①バスレーン設置ケースAでかつドア幅の大きい場合を除いて、バス同士の追越を認めると乗客の平均待ち時間は長くなる傾向にある。

これは5・3・3の(3)、(a)で述べた第2の要因が第1の要因以上にはたらくているからと考えられる。

つきに、復路「河原町二条」および「四条河原町」におけるバス同士の追越の有無と平均待ち時間の関係を、それぞれ図5・4・14、図5・4・15に示す。

これらの図からつぎのことがわかる。

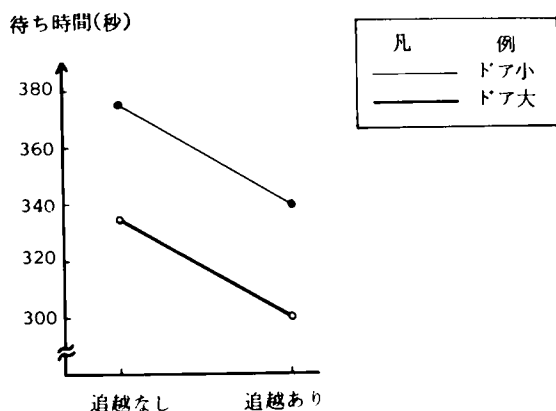


図5.4.14 復路「河原町二条」における追越の有無と平均待ち時間

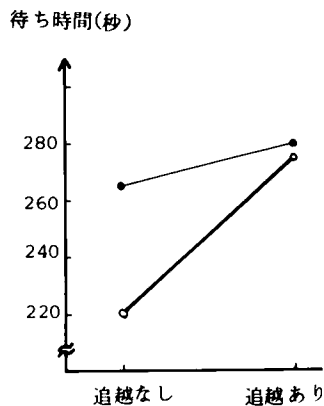


図5.4.15 復路「四条河原町」における追越の有無と平均待ち時間の関係

追越を認めると、乗降の多いバス停では平均待ち時間が長くなり、乗降の比較的小さいバス停では平均待ち時間が短縮される傾向にある。

なお京都市の③番系統は乗降客数の多いバス停がかなりあるため（表5.4.1、表5.4.4参照）、バス系統全体として図5.4.13に示されるように、バス同士の追越を認めることによって、平均待ち時間は長くなるものと考えられる。

(c) その他の指標

①追越を認めるときの平均積み残し数の減少率は、ドア幅の小さい場合、バスレーンを設置しないケースZで5.7%、レーンを設置するケースAで8.6%である。

②図5.4.6から、追越を認めてもあまりだんご運転回数は減少しないことがわかる。

(3) バスレーン設置の影響

(a) バス1台あたり平均運行所要時間

バスレーン設置ケースZの各場合に対する平均運行所要時間の減少率を表5.4.10に示す。

図5.4.3と表5.4.10からつぎのことがわかる。

①ほぼバスレーン設置距離に比例して、バスの平均運行所要時間は短縮される。

②設置距離の長い方がバスレーン設置距離に対する平均運行所要時間の短縮の効果は大きい。

③ドア幅の拡大による運行所要時間の短縮は最大でも約6.6%であるから、バスレーンを設置する方が平均運行所要時間の短縮に対する効果は大きい。ちなみに最小で14.7%、最高で29.5%の短縮である。

(b) 乗客の平均待ち時間

図5.4.4と表5.4.7、表5.4.8からつぎのことがわかる。

①ほぼバスレーン設置距離に比例して、平均待ち時間は減少する。

②バス同士の追越を認めなければ、ケースQの効果が、バス同士の追越を認めればケースAの効果がそれぞれ一番大きい。

③(1)バスレーンがない状態でドア幅を拡大するとき、追越がない場合、ある場合それぞれの待ち時間の減少率は9.0%および11.3%である。

表5.4.10 ケースZの各場合に対する運行時間減少率(%)

ケース	ドア幅 小		ドア幅 大	
	追越なし	追越あり	追越なし	追越あり
R	10.3	10.5	11.0	11.0
D	14.7	14.4	15.8	16.2
T	18.4	17.6	19.1	19.5
Q	22.7	22.5	23.9	23.5
A	28.2	27.3	29.2	29.5

(iii)これら両者の場合の減少率よりも大きくなるバスレーン設置ケースは、ケースAとケースQである。

(iii)バスレーンを設置するケースA、Qは、ドア幅を拡大するよりも待ち時間の減少に対する効果が大きい。

(c) その他の指標

①ケースQを除けば、ほぼバスレーン設置距離に比例して、平均積み残し数、だんご運転生起回数、追越回数はそれぞれ減少する。

②追越を認めない場合、ケースQを除けば、バスレーンを設置するよりもドア幅を拡大する方が平均積み残し数を減少させる効果は大きい。(図5・4・5 参照)

③ケースAを除けば、だんご運転回数と追越回数に関しては、バスレーン設置とドア幅の拡大による効果はほぼ同じ程度である。

(4) 各方策の相互比較

(a) バス1台あたりの平均運行所要時間

①、②、③をまとめるとつぎのことがわかる。

①追越を認める場合の運行所要時間の減少率は、ドア幅小およびドア幅大に対してそれぞれ約1.4%、0.7%である。

②乗降ドア幅の拡大による運行所要時間の減少率は、バスレーン設置のない状態で、バス同士の追越がある場合、ない場合に対してそれぞれ3.9%、5.1%である。

③バスレーン設置による運行所要時間の減少率は、最小14.7%、最高29.5%である。

④①、②、③からバスレーンを設置する方が平均運行所要時間を短縮する効果が一番大きい。

(b) 乗客の平均待ち時間

①追越を認めると、平均待ち時間は増加する傾向にある。

②乗降ドア幅拡大による待ち時間の減少率は、最小9.0%、最高18.0%である。

③バスレーンを設置しない状態で、乗降ドア幅を拡大する方が、比較的短距離のバスレーン設置ケースD、Tよりも、待ち時間の短縮効果が大きい。

換言すれば、バスレーン設置ケースA、Qの方が、ドア幅を拡大するよりも効果が大きい。

(c) その他の指標

①平均積み残し数に関しては、乗降ドア幅の拡大による方がバス同士の追越を認めたり、バスレーンを設置するよりも効果が大きい。

②だんご運転平均生起回数に関しては、ケースAの全区間バスレーン設置を除けば、乗降ドア幅の拡大とバスレーン設置の効果はほぼ同程度である。

③バスの追越回数に関しては、バスレーン設置と乗降ドア幅拡大の効果は、ほぼ同程度である。

5・5 バス1系統におけるバスレーン設置効果の総合評価

5・5・1 概 説

ここでは5・3並びに5・4で述べた運行改善に関する3つの諸方策のうち、バスレーンの設置に注目し、3・4で提案したバスレーン網の総合評価の方法を用いて、1つのバス系統におけるバスレーン網設置効果の総合評価を行なう。

まず5・5・2では、4・2・4における簡単な街路網にバス優先レーンや専用レーンを設置する9つのバスレーン設置案に対して、ある任意のバス系統に着目し、5・2で提案したモデルを用いてバスの運行所要時間、バス必要台数、積み残し乗客数、平均待ち時間など4つのバス運行に関する指標を計算する。

バスレーン設置によるこれら4つの指標それぞれの減少度を便益度、バス系統の運行する道路区間におけるバスレーン設置に伴う一般車の交通容量低下を損失度とし上記の試算値を用いてそれぞれの値を計算する。

つぎに便益度に対する損失度の代替率を用いて、代替率が変化するとき3・4で提案した一つの評価指数を

最小にするバスレーン設置案を選び出す。ここに選ばれるバスレーン設置案は最適代替案の候補になる。

この候補案に対して、乗客の待ち時間に関する代替率並びに待ち時間の評価指数の比重がそれぞれ変化するとき、最適代替案の選ばれる限界面の変動を明らかにする。

5・5・3では、4・4で設定した大規模な街路網にバス専用レーンを設置する案の中から任意に10のバスレーン設置案を選び出し、5・4の試算の場合と同じバス系統に着目してバスの運行所要時間、バス必要台数、バスのバス停到着時間間隔の偏差、乗客の平均待ち時間など4つのバス運行に関する指標を、5・2で提案したモデルを用いて試算する。

バスレーン設置による前記4つの指標の減少を便益度、一般車の交通容量低下を5・5・2同様損失度とし、試算値を用いてそれぞれの値を計算する。

つぎに便益度に対する損失度の代替率が変化するとき、3・4で提案した一つの評価指数を最小にするバスレーン設置案を選び出す。ここに選ばれるバスレーン設置案は最適代替案の候補になる。

この候補案に対して、乗客の待ち時間に関する代替率並びに待ち時間の評価指数の比重がそれぞれ変化するとき、最適代替案の選ばれる限界面がどのように変動するかを明らかにする。この限界面の変化の様子から、どのバスレーン設置案が最適代替案になる可能性が大きいのかについて考察する。

5・5・2 簡単な仮想街路網におけるバスレーン設置案の評価

5・2のバス運行モデルを用いて、4・2・4のマクロモデルの結果のうちバスレーンの設置ケース1、4、6、8、9、10、11、12の9つのケースについて、5・3と同様の試算を行ない表5・5・1の結果を得た。

待ち時間、積み残し数、運行時間、必要台数のそれぞれの減少に関する便益度をそれぞれ P_i^1 、 P_i^2 、 P_i^3 、 P_i^4 とし、このバス路線内のバスレーン設置による一般車の交通容量低下に関する損失度を M_i とする。また各便益度 P_i^1 、 P_i^2 、 P_i^3 、 P_i^4 に対する M_i の代替率をそれぞれ α 、 β 、 γ 、 δ とする。

表5・5・1の値の場合、各便益度及び損失度は表5・5・2のようになる。横軸に M_i 、縦軸に非便益度 P_i^j をとり各評価項目を図示すると、図5・5・1、5・5・2、5・5・3、5・5・4となる。

これらの図を用いて以下で考察を行なう。

(1) シミュレーション結果の評価

ここでは待ち時間、積み残し数、運行時間、必要台数の4つの項目のそれぞれについて評価を行ない以下のことがわかった。

(a) 待ち時間の評価

①待ち時間に関してはケース1、6、7、10、12が最適代替案となり得る。

②代替率 α に関して、 $\alpha > 2.007$ ではケース1、 $1.917 < \alpha < 2.007$ ではケース6、 $0.6125 < \alpha < 1.917$ ではケース7、 $0.5688 < \alpha < 0.6125$ ではケース10、 $\alpha < 0.5688$

ではケース12がそれぞれ最適となる、この関係を表5・5・3に示す。

表5・5・1 バス運行サービス指標の試算値

	積み残し数 (人)	待ち時間 (秒)	必要台数 (台)	運行時間 (分)
1	60.74	155.88	32	67.37
4	63.85	151.06	31	65.36
6	54.49	140.01	30	62.03
7	48.90	132.44	29	59.94
8	46.69	130.51	27	56.78
9	43.46	128.64	25	51.49
10	44.56	127.60	27	55.14
11	44.62	125.37	23	46.92
12	34.60	116.37	20	41.58

表5・5・2 便益度と損失度の計算値

	P_i^2	P_i^1	P_i^4	P_i^3	M_i
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	-0.1190	0.1215	0.083	0.0779	0.1
6	0.2391	0.4014	0.167	0.2071	0.2
7	0.4529	0.5931	0.250	0.2881	0.3
8	0.5375	0.6419	0.4167	0.4106	0.4
9	0.6611	0.6893	0.5833	0.6157	0.6
10	0.6190	0.7156	0.4167	0.4742	0.5
11	0.6167	0.7721	0.7500	0.7929	0.8
12	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

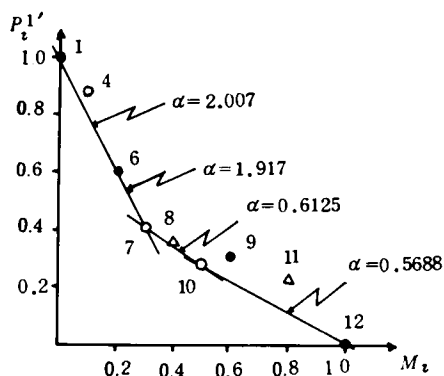


図 5.5.1 待ち時間の評価

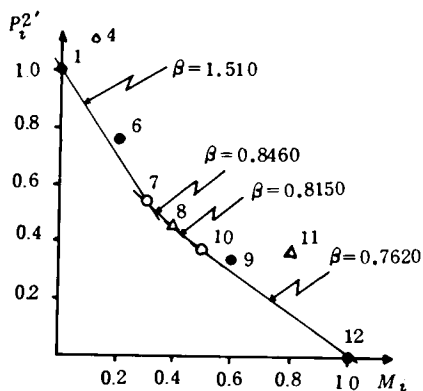


図 5.5.2 積み残し数の評価

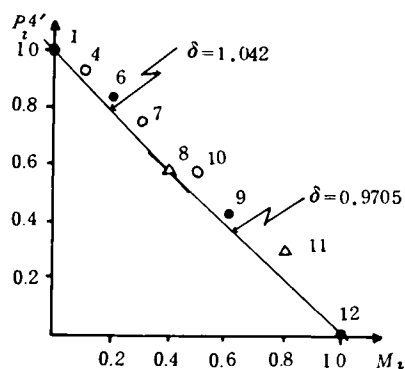


図 5.5.4 必要台数の評価

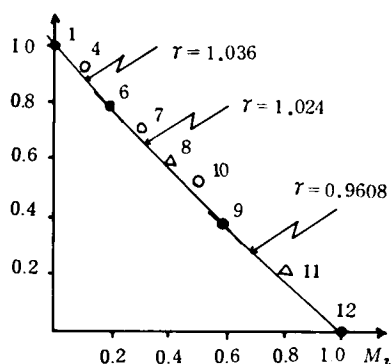


図 5.5.3 バス運行時間の評価

③ ケース 8 は最適案ではないが図 5.5.1 から $\alpha = 0.6125$ のとき ケース 7 と 10 とほぼ同程度に評価できる。

④ ケース 4、9、11 の 3 つのケースはほとんど評価の対象とはならない。

(b) 積み残し数の評価

① 積み残し数に関しては、ケース 1、7、8、10、12 が最適代替案となり得る。

② 代替率 β に関して、 $\beta > 1.51$ ではケース 1、 $0.846 < \beta < 1.51$ ではケース 7、 $0.815 < \beta < 0.846$ ではケース 8、 $0.762 < \beta < 0.815$ ではケース 10、 $\beta = 0.762$ ではケース 12 がそれぞれ最適になる。この関係を表 5.5.3 に示す。

③ ケース 4、6、9、11 の 4 つのケースは積み残し数に関しては評価の対象とはならない。

(c) 運行時間の評価

① ケース 1、6、9、12 が最適代替案となり得る。

② 代替率 r に関して、 $r > 1.036$ ではケース 1、 $1.024 < r < 1.036$ ではケース 6、 $0.9608 < r < 1.024$ ではケース 9、 $r < 0.9608$ ではケース 12 が、それぞれ最適となる。

表 5.5.3 α および β の範囲と最適案

α の範囲	最適案の ケース番号	β の範囲	最適案の ケース番号
2.007 以上	1	1.51 以上	1
1.917 ~ 2.007	6	0.846 ~ 1.51	7
0.6125 ~ 1.917	7	0.815 ~ 0.846	8
0.5688 ~ 0.6125	0	0.762 ~ 0.815	10
0.5688 以下	12	0.762 以下	12

③ケース8は最適案には選ばれないが、ケース6とケース9を結ぶ線上付近にあるため、 $\gamma = 1.024$ のときケース6や10と同程度に評価できる。

(d) 必要台数の評価

表5・5・4 γ および δ の範囲と最適案

①ケース1、8、12が最適代替案になり得る。

γ の範囲	最適案の ケース番号	δ の範囲	最適案の ケース番号
1.036 以上	1	1.042 以上	1
1.024 ~ 1.036	6	0.9705 ~ 1.042	8
0.9608 ~ 1.024	9	0.9705 以下	12
0.9608 以下	12		

②代替率 δ に関して、 $\delta > 1.042$ ではケース1、 $0.9705 < \delta < 1.042$ ではケース8、 $\delta < 0.9705$ ではケース12がそれぞれ最適となる。

γ 及び δ の範囲と最適案の関係を表5・5・4に示す。

(2) 総合評価

前項では待ち時間、積み残し数、運行時間、必要台数ごとの個別の評価であったが、ここではこれら4つの評価項目を含めた総合的な評価を行なう。

まず待ち時間、積み残し数、運行時間、必要台数の評価指数をそれぞれ S_i^1 、 S_i^2 、 S_i^3 、 S_i^4 とする。そして S_i^1 、 S_i^2 、 S_i^3 、 S_i^4 のそれぞれに対する比重を k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 とし、この比重を用いて各評価指数に重みづけをし、総合評価指数 TS_i を式(5・5・1)に示す。

$$TS_i = \sum_{j=1}^4 k_j \cdot S_i^j \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 5 \cdot 1)$$

ここに、

$$\left. \begin{aligned} S_i^1 &= 1 - P_i^1 + \alpha M_i \\ S_i^2 &= 1 - P_i^2 + \beta M_i \\ S_i^3 &= 1 - P_i^3 + \gamma M_i \\ S_i^4 &= 1 - P_i^4 + \delta M_i \\ k_1 + k_2 + k_3 + k_4 &= 1 \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 5 \cdot 2)$$

TS_i が最小となるバスレーン設置案を最適代替案と定めるが、これは代替率 α 、 β 、 γ 、 δ 及び比重 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 が変化するとき、当然変化する。

そこで以下では、これらの代替率及び比重の変化と最適代替案の関係について考察する。

バスの運行において、乗客へのサービス指標であるバス停での乗客の待ち時間は重要な指標と考えられる。従って以下では、待ち時間の評価指数の比重 k_1 と代替率 α に着目して、これら2つの変動と最適代替案の変化について考察を進める。また k_1 以外の比重が等しい場合について考察することとする。

まず乗客の待ち時間の減少を評価において考慮しない場合、すなわち k_1 が0のときの最適代替案の変化について述べる。

(a) k_1 が0のとき

式(5・5・1)で $k_2 = k_3 = k_4 = k$ とおけば TS_i は次式となる。

$$TS_i = k \left\{ 3 - \sum_{j=2}^4 P_i^j + l \cdot M_i \right\} + k_1 (1 - P_i^1 + \alpha \cdot M_i) \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 5 \cdot 3)$$

$$\text{ここに、} l = \beta + \gamma + \delta \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 5 \cdot 4)$$

k_1 が0であるから式(5・5・3)は代替率 α に関係せず、 TS_i が最小になる最適代替案は β 、 γ 、 δ の変化に伴って変化する。

式(5・5・4)からどの案の総合評価指数が最小になるかは l の値の大きさによって決まる。

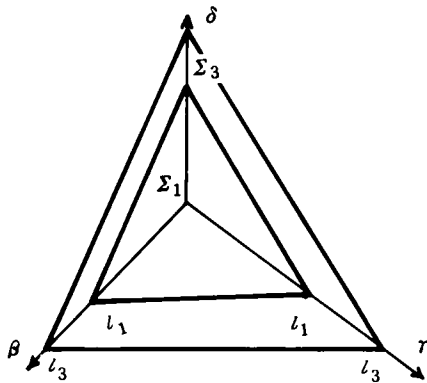


図 5.5.5 限 界 面

$$\Sigma_3 ; l_3 = \beta_3 + r_3 + \delta_3 = 3.5$$

$$\dots\dots\dots (5.5.7)$$

(b) k_1 が正の値のとき

乗客の待ち時間の評価指数 S_t^1 における代替率 α をパラメータとし、これを 0.5、1.0、1.5、2.0 と変化させたときの比重 k_1 の変化に伴う最適代替案の選ばれる境界面の変化を式 (5.5.5)、(5.5.6)、(5.5.7) における l_1 、 l_2 、 l_3 の変化として示したものが、図 5.5.6、5.5.7、5.5.8、5.5.9 である。

なおケース 1 と 7 の境界面を示す式は l_3 (式 (5.5.7))、ケース 7 と 8 の境界面を示す式は l_2 (式 (5.5.6)) である。また図中の番号は最適代替案となるケース番号である。

図 5.5.6 から図 5.5.9 よりつぎのことがかかる。

- ①最適代替案となり得るのは、ケース 1、7、8、12のみである。
- ②代替率 α が大きくなるほど、ケース 1 が最適代替案となる範囲は広がる。
- ③代替率 α が大きくなるほど、ケース 12 が最適代替案となる範囲は狭くなる。

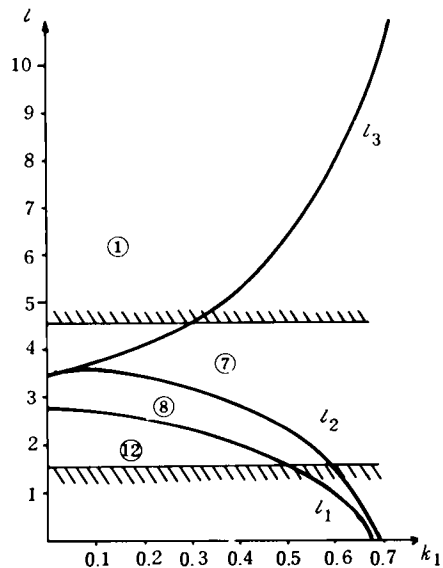
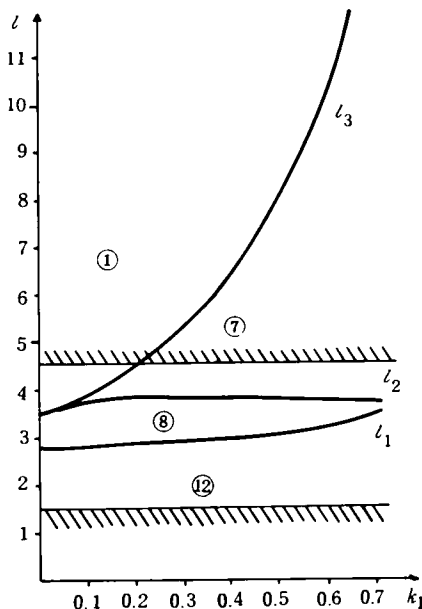


図 5.5.6 境界面の l_1 、 l_2 、 l_3 の変化 $\alpha=0.5$ の場合 図 5.5.7 境界面の l_1 、 l_2 、 l_3 の変化 $\alpha=1.0$ の場合

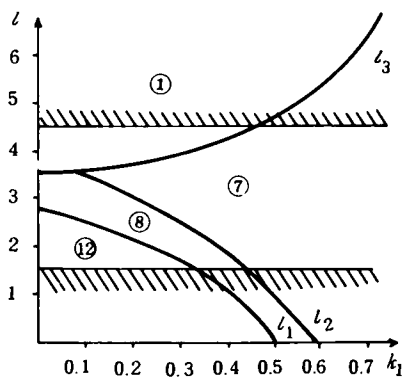


図 5.5.8 境界面の l_1 、 l_2 、 l_3 の変化 $\alpha=1.5$ の場合

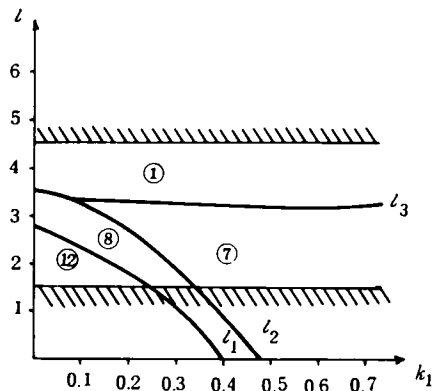


図 5.5.9 境界面の l_1 、 l_2 、 l_3 の変化 $\alpha=2.0$ の場合

④バスの運行状況とサービス状態の評価では、②と③から一般車のバスレーンによる不便さを重視するほど、バスレーン設置をひかえるのが良いといえる。

⑤バスの便益を考えれば、 β 、 r 、 δ の値すなわち l の値は小さい値をとるべきであり、逆に一般車の走行の確保を考えれば l の値は大きな値をとるべきである。

いま仮に、 β 、 r 、 δ の下限と上限をそれぞれ 0.5、1.5 とすると l_1 、 l_2 、 l_3 は下限 1.5、上限 4.5 の範囲となり、図 5.5.6 から図 5.5.9 の斜線にはさまれる領域が実行可能領域となる。このとき以下のことがわかる。

(i) 計算値では、図から k_1 が大きくなるにつれてケース 7 が最適代替案になる領域は広くなることがわかる。

(ii) ケース 1 では、 α が 1.5 以下のとき k_1 の増加につれて最適代替案になる領域は狭くなる。

(iii) ケース 12 では、 α が 1.0 以上のとき k_1 の増加につれて最適代替案になる領域は狭くなる。

(iv) ケース 8 では、 α の値の大小にかかわらず k_1 の増加につれて最適代替案になる範囲は漸減の傾向にある。

(v) α が 0.5 の場合、最適代替案になる領域の広さは、ケース番号の 12、8、7、1 の順番である。 α が 0.5、1.0、1.5、2.0 の各場合は k_1 の変化につれて、上記の順番は変化する。 k_1 と α の変化と最適代替案の領域の広さの順番の関係を表 5.5.5 に示す。

もし代替率 α 、 β 、 r 、 δ 並びに比重 k_1 の値が定められれば、表 5.5.5 並びに図 5.5.6 から図 5.5.9 を用いて、最適案を選定したりバスレーン

設置案の優先順位を決定できるものと考えられる。しかし、実際にはこれら 4 つの代替率並びに比重としてどのような値をとるべきかは明らかではない。これらの値は都市計画・交通計画を総合して定められるものと考え

表 5.5.5 α 、 k の変化と最適案の位

$\alpha=0.5$		$\alpha=1.0$		$\alpha=1.5$		$\alpha=2.0$	
k	ケース	k	ケース	k	ケース	k	ケース
0.08 以下	12	0.08 以下	12	0.1 以下	12	0.03 以下	12
	1		1		1		1
	8		8		8		8
0.08	12	0.08	12	0.1	1	0.03	1
{	8	{	8	{	8	{	12
	1		1		12		8
0.17	7	0.17	7	0.2	7	0.05	—
0.17	12	0.17	12	0.2	8	0.05	1
{	8	{	8	{	7	{	8
	7		7		1		12
0.50	1	0.25	1	0.25	12	0.18	7
0.50 以上	12	0.25 以上	7	0.25 以上	7	0.18	1
	7		8		8	{	8
	8		12		1		7
—	—	—	1	—	12	0.21	12
—				—		0.21	7
						以上	1
							8
							—

える。

5・5・3 大規模なある街路網におけるバスレーン設置案の評価

5・2 のバス運行モデルを用いて

4・4 のマクロモデルの結果のうち、バスレーン専用レーン設置ケース Z、F、R、S、P、D、T、K、Q、A の 10 このケースについて 5・4 と同様の試算を行ない、表 5・5・6 の結果を得た。

評価項目には、乗客のバス停での待ち時間、バスがバス停に到着する時間間隔の偏差、バスが路線の往復に要する運行時間、バスの運行に必要な台数及び都市全体の専用レーン設置区間数を選定した。

待ち時間、到着時間間隔の偏差、運行時間、バス必要台数のそれぞれの減少に関する便益度をそれぞれ P_i^1 、 P_i^2 、 P_i^3 、 P_i^4 とし、都市全体のバス専用レーン設置による一般車の損失度を M_i とする。また P_i^1 、 P_i^2 、 P_i^3 、 P_i^4 に対する M_i の代替率をそれぞれ α 、 β 、 γ 、 δ とする。

表 5・5・6 の値の場合、各便益度及び損失度は表 5・5・7 に示される値となる。横軸に M_i 、縦軸に非便益度 $P_i' = 1 - P_i$ をとり、各評価項目と損失度 M_i との関係を図 5・5・10、5・5・11、5・5・12、5・5・13 に示す。これらの図を用いて以下で考察を行なう。

表 5・5・6 バス運行サービス指標の値

ケース	待ち時間 (秒)	バス停 到着時間 間隔の偏差(秒)	運行時間 (秒)	バス必要 台 数	レーン設 置区間数
Z	225.3	156.89	91.80	26	0
F	218.85	153.46	86.84	26	8
R	214.64	143.77	82.30	24	12
S	225.72	140.71	79.23	23	27
P	211.78	143.75	79.21	23	42
D	214.30	142.23	78.27	23	48
T	211.6	132.23	74.93	22	40
K	193.16	133.73	71.18	21	67
Q	189.1	124.75	70.98	21	74
A	190.5	117.75	65.89	20	120

表 5・5・7 便 益 度 と 損 失 度

ケース	待ち時間 P_i^1	バス停 到着時間 間隔の偏差 P_i^2	運行時間 P_i^3	バス必要 台 数 P_i^4	損 失 度 M_i
Z	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
F	0.1853	0.0876	0.1914	0.0	0.0667
R	0.3063	0.3352	0.3667	0.3333	0.1000
S	-0.0120	0.4134	0.4851	0.5000	0.2250
P	0.3885	0.3357	0.4859	0.5000	0.3500
D	0.3161	0.3746	0.5222	0.5000	0.4000
T	0.3937	0.6300	0.6511	0.6667	0.3333
K	0.9236	0.5917	0.7958	0.8333	0.5583
Q	1.0402	0.8212	0.8036	0.8333	0.6167
A	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

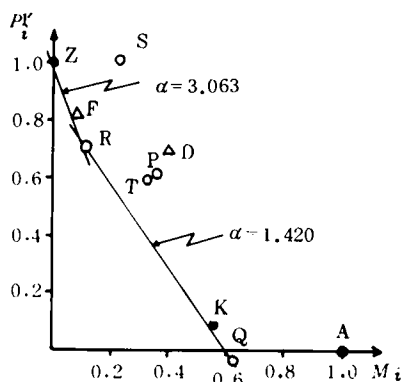


図 5・5・10 待ち時間の評価

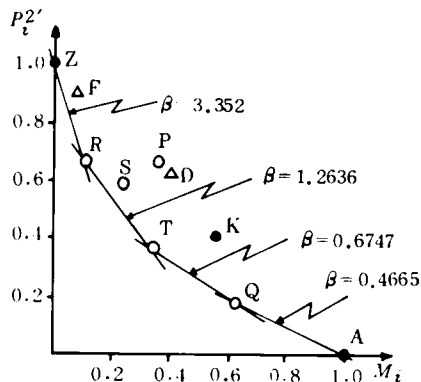


図 5・5・11 到着時間間隔偏差の評価

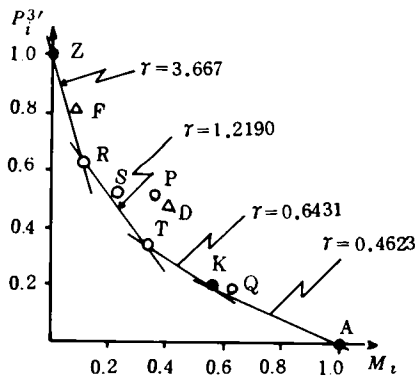


図 5.5.12 運行時間の評価

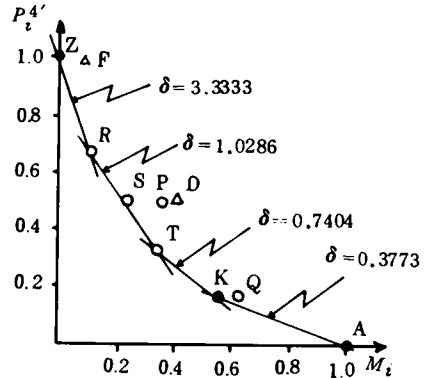


図 5.5.13 必要台数の評価

(1) シミュレーション結果の評価

ここでは待ち時間、バス停到着時間間隔の偏差、運行時間、バス必要台数の4つの項目について、それぞれ別個に評価を行ない以下のことがわかった。

(a) 待ち時間の評価

- ① ケースZ、R、Qの3つのケースのみが最適案になり得る。
- ② 代替率 α の範囲と最適案の関係は表5.5.8のようである。すなわち、 $\alpha > 3.063$ ではケースZ、 $1.4204 < \alpha < 3.063$ ではケースR、 $\alpha < 1.4204$ ではケースQがそれぞれ最適案となる。

表 5.5.8 代替率 α の範囲と最適案

α	最適案のケース
3.063 以上	Z
3.063 ~ 1.4204	R
1.4204 以上	Q

③ ケースFは、ケースZとRを結ぶ線上付近にあるため $\alpha = 3.063$ では評価においてはZやRと同等に評価されると考えられる。同様に、KもRとQを結ぶ線上付近にあり、 $\alpha = 1.4204$ ではほぼRやQと同等の評価をされる。

(b) 到着時間間隔の偏差の評価

- ① ケースZ、R、T、Q、Aの5つのケースのみが最適案となり得る。

表 5.5.9 代替率 β, γ, δ の範囲と最適案

β	ケース	γ	ケース	δ	ケース
3.352 以上	Z	3.667 以上	Z	3.333 以上	Z
1.2636 ~ 3.352	R	1.2190 ~ 3.667	R	1.4286 ~ 3.333	R
0.6747 ~ 1.2636	T	0.6431 ~ 1.2190	T	0.7404 ~ 1.4286	T
0.4665 ~ 0.6747	Q	0.4623 ~ 0.6431	Q	0.3773 ~ 0.7404	K
0.4665 以下	A	0.4623 以下	A	0.3773 以下	A

② 代替率 β の範囲と最適案との関係を表5.5.9に示す。 $\beta > 3.352$ ではケースZ、 $1.2636 < \beta < 3.352$ ではケースR、 $0.6747 < \beta < 1.2636$ ではケースT、 $0.4665 < \beta < 0.6747$ ではケースQ、 $\beta < 0.4665$ ではケースAが、それぞれ最適案となる。

1.2636ではケースT、 $0.4665 < \beta < 0.6747$ ではケースQ、 $\beta < 0.4665$ ではケースAが、それぞれ最適案となる。

③ ケースF、S、P、D、Kは到着時間間隔の偏差の評価では対象とはならない。

(c) 運行時間の評価

- ① ケースZ、R、T、Q、Aの5つのケースのみが最適案となり得る。
- ② 代替率 γ の範囲と最適案との関係を表5.5.9に示す。 $\gamma > 3.667$ ではケースZ、 $1.2190 < \gamma < 3.667$ ではケースR、 $0.6431 < \gamma < 1.2190$ ではケースT、 $0.4623 < \gamma < 0.6431$ ではケースK、 $\gamma < 0.4623$ ではケースAが、それぞれ最適案となる。

③ ケースFは、ケースZとRを結ぶ線上付近にあり、 $\gamma = 3.667$ ではZ、F、Rは評価においてもほぼ同等で

ある。またケースQもケースKとAを結ぶ線上にあり、 $r=0.4623$ ではK、Q、Aは評価において無差別である。

④ケースS、P、Dは評価の対象とはならない。

(d) 必要台数の評価

①ケースZ、R、T、K、Aの5つのケースのみが最適となり得る。

②代替率 δ の範囲と最適案との関係を表5・5・9に示す。 $\delta > 3.333$ ではケースZ、 $1.4286 < \delta < 3.333$ ではケースR、 $0.7404 < \delta < 1.4286$ ではケースT、 0.7404 ではケースK、 $\delta < 0.3773$ ではケースAが、それぞれ最適案となる。

③ケースSは、ケースRとTを結ぶ線上付近にあり、 $\delta = 1.4286$ のときR、S、Tは評価において無差別である。

④ケースF、P、Dは評価の対象とはならない。

以上の4つの個々の評価から、最適代替案になり得るケースはZ、R、T、K、Q、Aであることがわかる。そこでつぎに、4つの評価項目を含めて総合的な評価を行なう。

(2) 総合評価

ここでは待ち時間、到着時間間隔の偏差、運行時間、必要台数の4つの評価項目を用いて、一つの評価指標をつくり総合評価を行なう。

待ち時間、到着時間間隔の偏差、運行時間、必要台数に関する評価指数をそれぞれ S_i^1 、 S_i^2 、 S_i^3 、 S_i^4 とし、それぞれの評価指数に比重 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 をつけて重みづけをし、総合評価指数 TS_i を定める。 TS_i 及び S_i^j ($j=1, 2, 3, 4$) 及び k_j ($j=1, 2, 3, 4$) の関係は、前項の式(5・5・1)、式(5・5・2)、式(5・5・3)で示される。

前項と同様に、代替率 α 、 β 、 r 、 δ と比重 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 の変化と最適代替案の関係について考察する。特に、バスの運行においては、乗客に対するサービス指標としてのバス停での待ち時間は重要な指標と考えられるので、待ち時間の評価指数における代替率 α と比重 k_1 に注目し、 k_1 以外の比重が等しい場合($k_2=k_3=k_4=k$)について、 α と k_1 の変動と最適代替案の変化について考察を進める。

(a) k_1 が0のとき

まず k_1 が0、すなわち乗客の待ち時間の減少を評価で考慮しない場合の最適代替案の変化について述べる。 $k_2=k_3=k_4=k$ のとき、 TS_i は次式で示される。

$$TS_i = k \left(3 - \sum_{j=2}^4 P_i^j + l \cdot M_i \right) \quad \left. \begin{array}{l} \\ l = \beta + r + \delta \end{array} \right\} \dots\dots\dots (5 \cdot 5 \cdot 8)$$

従ってどの案の総合評価指数が最小になるかは l の値の大きさによって決まる。

表5・5・7の数値の場合、ケースAが最適代替案になるのは l が1.5より小さいときである。そこで式(5・5・9)で示される面はケースAが最適代替案になる上限面 Σ_1 となる。

$$\Sigma_1; \quad l_1 = \beta_1 + r_1 + \delta_1 = 1.5 \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 5 \cdot 9)$$

つぎに式(5・5・9)の限界面より上で式(5・5・10)の限界面 Σ_2 より下のとき、ケースQが最適代替案となる。

$$\Sigma_2; \quad l_2 = \beta_2 + r_2 + \delta_2 = 1.9 \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 5 \cdot 10)$$

Σ_2 面より上で式(5・5・11)で示される限界面 Σ_3 より下のとき、ケースTが最適代替案となる。

$$\Sigma_3; \quad l_3 = \beta_3 + r_3 + \delta_3 = 4.0 \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 5 \cdot 11)$$

同様に、 Σ_3 面より上で式(5・5・12)の限界面 Σ_4 より下ではケースR、限界面 Σ_4 より上ではケースZがそれぞれ最適代替案となる。

$$\Sigma_4; \quad l_4 = \beta_4 + r_4 + \delta_4 = 10.4 \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 5 \cdot 12)$$

(b) k_1 が正のとき

k_1 が正であれば、待ち時間に関する評価指数 S_i^1 の代替率 α が変化すると、最適代替案及び最適代替案の限界面の l も変化する。そこで α をパラメータとして0.5、1.0、1.5、2.0と変化させたときの比重 k_1 の変化に伴う最適代替案の限界面の変化を式(5・5・9)、(5・5・10)、(5・5・11)、(5・5・12)の l_1 、 l_2 、 l_3 、 l_4 の変化として表わしたものが図5・5・14、5・5・15、5・5・16、5・5・17である。なお図中のアルファベットは最適代替案となるバス専用レーン設置案の記号である。

図5・5・14から図5・5・17よりつぎのことがわかる。

- ①最適代替案となり得るのは、ケースZ、R、T、Q、Aのみである。
- ②ケースZ、T、Aは比重が大きくなるにつれて、最適代替案になる領域が狭くなる。
- ③ケースAが最適代替案になる領域は、代替率 α が大きくなるほど狭くなる。
- ④ケースRが最適代替案になる領域は、比重 k_1 の増加につれて広くなる。
- ⑤ケースQが最適代替案になる領域は、 α が0.5と1.0のときは k_1 の増加につれて広くなり、 α が1.5と2.0のときは k_1 の増加につれて(特に $k_1 > 0.3$ のとき)狭くなる。

ここで仮に β 、 r 、 δ の下限値を0.5、上限値を1.5とすると、 l の値の上限、下限はそれぞれ4.5、1.5となる。 l がこの範囲にあるときを実行可能領域とすれば、つぎのことがわかる。

(i) ほぼ代替率 α が1.0以下では、待ち時間を評価で重視する(k_1 が増大する)ほどケースRを最適代替案として選びやすくなる。

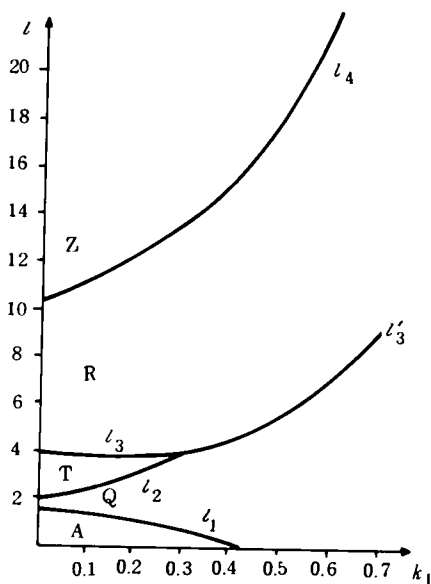


図5・5・14 限界面の l の変化
 $\alpha = 0.5$ の場合

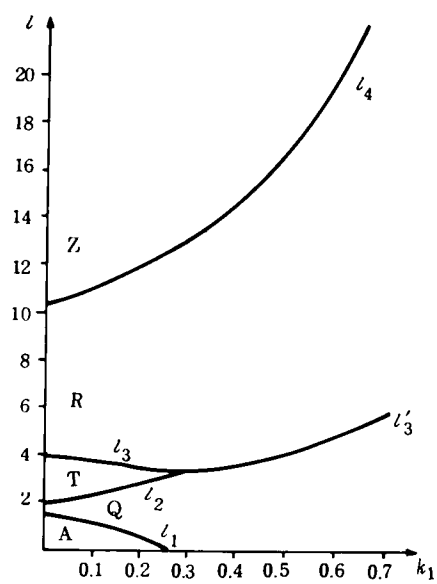


図5・5・15 限界面の l の変化
 $\alpha = 1.0$ の場合

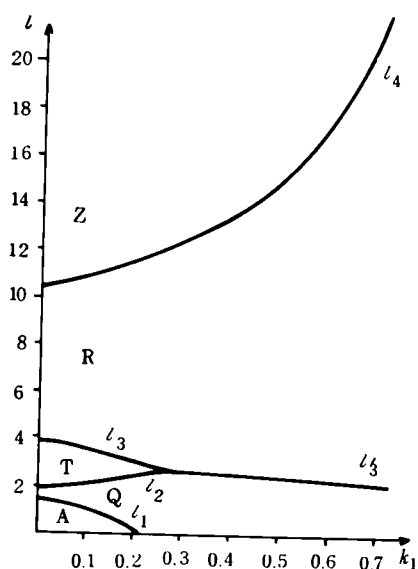


図 5.5.16 限界面の l の変化
 $\alpha = 1.5$ の場合

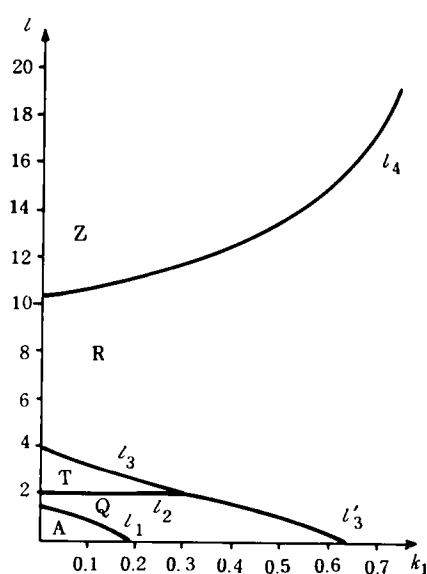


図 5.5.17 限界面の l の変化
 $\alpha = 2.0$ の場合

- (ii) ほぼ代替率 α が 1 以上では、待ち時間を重視するほどケース R を最適代替案として選定しやすくなる。
 (iii) ケース T は、待ち時間を評価で重視するほど最適代替案として選定されにくくなる。
 (iv) 以上から、ケース Q と R が最適代替案の有力候補であるといえる。

なお $\alpha = \beta = \gamma = \delta = 1$ でかつ、 $k_1 = k_2 = k_3 = k_4 = 0.25$ のときは、図 5.5.15 からケース T が最適代替案となる。このように、たとえ最適代替案となる領域が狭くても、ある限定された代替率の値と比重のときには、最適代替案になることもある。

図 5.5.14 から図 5.5.17 を用いれば、もし代替率 α 、 β 、 γ 、 δ 及び比重 k_1 が定められるなら、最適代替案を決定することができる。

これらの値がどのような値をとるべきかは明らかではないが、これらは都市計画・交通計画を総合して定められるものとする。

5.6 結 語

本章ではつぎに述べる種々の成果が得られた。

〔1〕バス運行モデルの定式化

5.2 では任意のバスシステムに関する運行所要時間、バス停留所へのバス到着時間間隔の偏差、だんご運転生起回数、乗客の積み残し数、乗客の平均待ち時間、などの諸指標を用いてバスの運行を解析するモデルを提案した。

このモデルの特徴は、各バス停留所の乗降客数、バスの運行本数・発車間隔、バス必要台数、各バス停留所間の一般車交通量を与件とし、前章のマクロモデルでは解析できない上記のバス運行に関する諸指標を、各バス停留所ごと、各バスごとにそれぞれ把握できることである。

また本モデルではバスのみの走行に注目し、一般車の交通量との関係の $Q-V$ 式で定まるバスの表定速度を用いて、バス停間を一定の速度で走行させている。この点が次章に述べるミクロモデルと異なる点である。

なお本モデルは、一般車交通量、バス乗客数の時間的変化を考慮しない、という仮定を設けた。実際には一般車交通量、バス乗客数などは時間的に刻々変化するものである。今後はこの時間的変化に対応できるように

モデルを改良する必要があると考える。

また本章で提案したモデルは、バスレーン設置、バスの乗降用ドア幅の拡大、だんご運転時にバス同士の追越を認める運行方法、などのバス運行に対する改善策がバス運行に与える影響を解析できる。

なお本章のモデルは、バス優先信号などによる走行改善は扱っていない。このモデルは交差点における走行、停止などの微視的状态を考慮しないからである。微視的な状態は、次章のミクロモデルを用いて解析する。

〔2〕バス運行モデルを用いた試算結果とその考察

5・3並びに5・4では、ある簡単な仮想街路網並びに大規模な実際の街路網をそれぞれ想定し、バス1系統に注目して運行所要時間、バス停への到着時間間隔の偏差、だんご運転生起回数などのバスの運行挙動及び乗客の平均待ち時間、積み残し数などの乗客に対するサービス指標を試算し、つぎの成果を得た。

(1) 仮想街路網のバス1系統の運行挙動試算の成果

まずある仮想街路網内を運行するバス1系統における試算の成果は以下のとおりである。

1) ドア幅拡大の効果

ドア幅は通常のバスでは0.8mであるが、これを1.2mとする場合を想定してバス運行挙動におよぼす影響を試算した。この場合乗客1人あたり乗車時間が1.82秒から0.96秒、降車時間が1.92秒から1.41秒にそれぞれ短縮されるものとしてシミュレーションが行なわれることになる。すなわちドア幅が拡大すると乗降時間が短縮されて停車時間が短くなり、またバス運転間隔の乱れが小さくなるため、乗客の待ち時間は短縮されるものと考えられる。

ドア幅拡大の効果はそれぞれつぎのように試算された。

①乗客の平均待ち時間はバスレーンを設置し、バスの運転間隔が2分、バス同士の追越を認める場合に最高30.6%短縮される。

②同じ運転間隔の場合、1分間にバス停に到着する人数が多いほど、ドア幅拡大による平均待ち時間の短縮効果が大きい。この場合も乗客が多いほどドア幅拡大による乗降時間、すなわち停車時間が短縮される割合が大きいと考えられる。

③1分間のバス停到着人数が同じ場合、運転間隔の短かい方が、ドア幅拡大による平均待ち時間の短縮効果が大きい。

④ドア幅が拡大しても、運転間隔が大きい場合には運行所要時間はあまり短縮されない。これは $Q-V$ 式にドア幅拡大による乗降時間の短縮が考慮されていないためと考えられる。なお運転間隔が小さい場合、運行所要時間が2分程度短縮される。これはだんご運転が生じる場合に、ドア幅拡大により停車時間が短縮され、運転間隔の乱れの減少、だんご運転生起回数の減少などもあって、後続バスが前のバスの発車するまで待つ時間が少なくなるためと考えられる。

2) バスレーン設置の効果

バスレーンを設置すれば、一般車の渋滞の影響を受けずにバスの走行速度が約38Km/時にたもたれる。すなわちモデルでは、バスレーンを設置しない区間はバスの走行速度は一般車交通量に比例して減少するが、バスレーンを設置する区間では一定になる。その影響はそれぞれつぎのように試算された。

①バスレーンを設置すれば、ドア幅が小で運転間隔2分、1分あたりバス停到着人数が多い場合に最高25.3%待ち時間は短縮される。これは、バスレーンの設置によって走行時間の偏差が小さくなり、バスの運転間隔の乱れが起こりにくくなるため、平均待ち時間は短縮されるものと考えられる。

②バスの運転間隔が大きい場合でも、1分あたりバス停到着人数が少ない場合でも、待ち時間の短縮効果は薄れない。たとえばドア幅大、8分間隔で到着人数が少ない場合、約10.8%待ち時間は短縮される。

③運行所要時間は、バスレーンが設置されない場合に比較して約40%短縮される。これはバスレーン設置による走行速度の向上が原因と考えられる。

この短縮効果は、バス停到着人数の多少やバス運転間隔の長短にかかわらずほぼ一定である。これはバスレ

ーン設置が運行所要時間短縮に関して、安定した方策であることを示しているといえる。

3) だんご運転時にバス同士の追越を認める場合の効果

だんご運転時にバス同士の追越を認めれば、降車サービス終了後、前のバスの発車時刻まで待つ必要がなくなり運行時間の短縮が期待される。バス同士の追越の効果はそれぞれつぎのように試算された。

①平均待ち時間は短縮される場合や長くなる場合がある。これにはつぎの2つの理由が考えられる。

(i) だんご運転が生じた場合、追越を行えば追越をした先のバス停に車内人数の少ないバスが到着するので、積み残しは少なくなり平均待ち時間は短縮される。

(ii) 追越を認めると、すぐ後続のバスが乗車サービスを行わずに発車するため、だんごになったバス群の先頭車に積み残された乗客はつぎのバスが来るまで待たねばならない。これが追越を待たうと待ち時間が長くなる原因になる。

②追越を認めると、ドア幅が小さいとき、バスレーンがない場合は2%、バスレーン設置の場合は7%、それぞれ運行所要時間は短縮される。

③追越を認める場合、ドア幅の小さい方が運行所要時間の短縮効果が大きい。この理由は、ドア幅の小さい方ほど停車時間が長いためだんご運転が起こる機会が多くなり、その結果追越回数が多くなるからであると考えられる。

(2) ある街路網内を実際に運行するバス1系統についての試算の成果

1) ドア幅拡大の効果

①平均待ち時間は8.1%～14.2%短縮される。これは①で述べたようにドア幅拡大によって乗降時間が短くなり、バス停での遅延が起りにくくなるのと、バスの運転間隔の乱れが小さくなるためと考えられる。乗客の多いバス停でも、比較的少ないバス停でも、ドア幅が拡大されると平均待ち時間は短縮される。この場合は、①の結果と同じようにバス停到着人数の多い方が短縮効果は大きい。

②運行所要時間は3.9%～6.4%短縮される。バスレーンが設置されない場合、追越を認めない時の方がドア幅拡大による運行所要時間の短縮効果が大きい。これはドア幅拡大によって乗降時間、すなわち停車時間が短縮されるためと考えられる。

③だんご運転生起回数は、バス同士の追越を認めない場合11.4%～50%減少する。この減少率はバスレーン設置距離に比例する。この理由は、バスレーンを設置すればバス間隔の乱れが少なくなるためと考えられる。だんご運転生起回数が少なくなれば、バス同士の追越回数も当然減少する。

④積み残し数は13.1%～32.3%減少する。これは①の乗客の待ち時間の減少、②の運行所要時間の短縮、③のだんご運転生起回数の減少と相互に関連がある。つまり停車時間並びに走行時間の短縮によりバスの間隔の乱れが少なくなり、乗客の待ち時間並びにだんご運転生起回数が減少し、積み残し数が減少するものと考えられる。

2) バスレーン設置の効果

①バスレーン設置距離に比例して、待ち時間、運行所要時間、だんご運転生起回数、積み残し数、追越回数はそれぞれ減少する。

②運行所要時間は10.3%～29.5%短縮される。これはバスレーン設置によって、バス停間の走行時間が短縮されるからである。

③長区間にバスレーンを設置する方が、ドア幅を拡大するよりも待ち時間の減少の効果が大きい。これはバスレーン設置の方がバスの間隔の乱れが小さくなるからと考えられる。

④全区間バスレーン設置を除けば、だんご運転生起回数と追越回数に関しては、バスレーン設置とドア幅拡大のそれぞれの効果はほぼ同程度であるといえる。

3) だんご運転時にバス同士の追越を認める場合の効果

①運行所要時間は0.7%～1.4%短縮される。この短縮割合は①の場合よりも小さい。これは、だんごにな

ったとき前のバスを追越しても、さらにつぎのバス停でだんごになることがあるためと考えられる。

②待ち時間は増加する。乗降の多いバス停では長くなり、比較的少ないバス停では短縮される傾向にある。これは(1)の3)①で述べた理由と同じであると考えられる。

③積み残し数は5.7%～8.6%減少する。これは追越を行えば、追越をした先のバス停に車内人数の少ないバスが到着するためである。

④だんご運転生起回数はあまり減少しない。これは上記①の理由と同じと考えられる。

以上の成果をまとめると、つぎのことがいえる。

①バスレーンの設置は、乗客の平均待ち時間の短縮、バスの運行所要時間やだんご運転生起回数、バス停到着時間間隔の減少などにみられるバス運行の改善に対して、運転間隔の長短やバス停に到着する乗客の多少にかかわらず安定した改善策であり、どのような運行特性をもつバス系統でも効果が大きい。

②乗降ドア幅の拡大は、運転間隔の短いバス系統や乗降客数の多いバス系統に有効である。

③乗客の待ち時間短縮効果に関しては、比較的短距離にバスレーンを設置するよりも、乗降ドア幅を拡大する方が有効である。

④だんご運転生起回数の減少に関しては、全区間専用レーン設置を除けば、乗降ドア幅の拡大とバスレーンの設置の効果はほぼ同程度である。

⑤だんご運転になったとき、バス同士の追越を認めるかどうかは、実際の路線のバス停への乗客の到着人数の状況を知った上で、バス停ごとに実施するかどうかを決定する必要がある。すなわち、乗降の多いバス停ではバス同士の追越を認めない方がよく、乗降の比較的少ないバス停で実施する方がよい。

〔3〕バス1系統におけるバスレーン設置効果の総合評価

バス運行改善策に関して以上の成果が得られた。5・5ではシミュレーションの試算結果を用いて、バスレーン設置に関して評価項目別の個別評価及び総合評価を行なった。

評価では、バスレーン設置による乗客の待ち時間、積み残し数、バスの停留所到着時間間隔の偏差、運行所要時間、運行必要台数のそれぞれの減少を便益度で表わし、バスレーンによる一般車の交通容量の減少を損失度とした。便益度と損失度の関係をバスレーン設置案ごとにプロットすることによって、どの案を採用すればよいか、どの案が最適になるかを評価することができた。また上記の個々の評価指標に重みづけをして、一つの総合評価指標をつくり、便益度に対する損失度の代替率と各評価指標の比重が変化したときに、総合評価指数が最小になるバスレーン設置案、すなわち最適代替案の変動の範囲を明らかにした。

試算の結果を以下に述べる。

(1) 簡単な仮想街路網におけるバス運行に対するバスレーン設置案の評価

バスの運行では、乗客に対するサービス指標として乗客の待ち時間を重要な指標と考えた。

待ち時間の便益度に対する損失度の代替率 α 、待ち時間の評価指数の比重 k_1 に着目し、これら2つが変動したときの最適代替案の変化を明らかにし、つぎのことがわかった。

①代替率 α が大きいほど、バスレーンを設置しない代替案の選ばれる範囲は広くなる。これはバス乗客の待ち時間の便益よりも、一般車の損失度の方を重視するほど、バスレーンを設置しない方がよいことを意味する。

② α が1.0以上のとき、 k_1 の増加につれて全区間専用レーン設置案が最適代替案になる範囲は狭くなる。乗客の待ち時間の評価指数の比重を大きくしても、一般車の損失度を重視すれば、全区間専用レーンを設置しにくくなることを意味する。

③バスの便益を考えれば、代替率 α 、 β 、 r 、 δ の値は小さい値をとるべきであり、逆に一般車の便益を考えればこれらの代替率は大きな値をとるべきである。

(2) 大規模な街路網におけるバス運行に対するバスレーン設置案の評価

ここでも(1)と同様に、乗客の待ち時間を重要な指標と考え、待ち時間の便益度に対する損失度の代替率 α と評価指数の比重 k_1 に着目し、これらの変化と最適代替案の変動について考察しつぎの成果を得た。

①(1)の試算と同様に、 α が大きくなるほど全区間バスレーン設置案が最適代替案になる領域は狭くなる。

②待ち時間を重視するほど、バスレーンを設置しない代替案は最適代替案になる可能性は少ない。一方、全区間バスレーン設置案が最適代替案になる可能性は少ない。実際の街路では、全くバスレーンを設置しない代替案や全区間バスレーン設置代替案よりも、ある一定距離にバスレーンを設置する代替案が最適案になり得るといえる。

③待ち時間を評価で重視するほど、すなわち k_1 が増大するほど代替率 α が1.0以上の場合、バスレーン設置延長約12KmのケースRが、 α が1.0以下の場合バスレーン設置延長64KmのケースQがそれぞれ最適代替案として選ばれる可能性が大きくなる。

換言すれば、一般車の不便さを重視すればケースRが、重視しなければケースQがそれぞれ最適代替案になるといえる。

なおケースQ、R以外にも最適代替案になり得るバスレーン設置代替案はある。これらは代替率 α 、 β 、 γ 、 δ 並びに比重 k_1 がもし定められるならば最適案になるかどうか決定される。

以上、代替率と評価指数の比重が変化するときの最適代替案の変動を明らかにしたが、これらの値が設定されれば最適代替案を選ぶことが可能である。ところが、これらの値は都市計画や交通計画を総合して定められるものであり、代替率 α 、 β 、 γ 、 δ 及び比重 k_1 の決定は今後の課題と考えられる。

第 5 章 参 考 文 献

- 1) 天野・銭谷・西野；バス系統一路線のバスレーン設置シミュレーションモデル、昭和50年度土木学会
関西支部年次学術講演演習概要、昭和50年4月
- 2) 安東久雄；シミュレーションによるバス運行形態に関する一考察、京都大学卒業論文、昭和47年3月
- 3) 高岸節夫・戸松総；バス運行挙動に関する2、3の考察、土木学会論文報告集第199号、1972年3月
- 4) (i) 米谷・渡辺・加藤・稲見；バスターミナルのホーム容量の算定式の検討、第4回日本道路会議論文
集、日本道路協会、1958。
(ii) Kraft, W. H. & Boardman, T. T ; Prdicting Bus Passenger Service Time, Traffic Engin-
eering, 1969.
- 5) 津田孝夫；モンテカルロ法とシミュレーション、pp. 34～37、培風館、昭和44年6月
- 6) FACOM230-60 SSL解法解説書、富士通、p.246, p.276. SSL使用方法解説書、富士通、p.275.
- 7) 青木和善；バス運行コントロールに関する一考察、京都大学卒業論文、昭和46年2月
- 8) 警察庁；路線バス等の優先通行帯及び専用通行帯の設定とその効果の調査研究報告書、p.25. 昭和48
年3月
- 9) 同上掲 1)
- 10) 柏谷・近東・西野・銭谷；一路線上のバス運行に関するシミュレーションモデル、昭和51年度土木学会
関西支部年次学術講演演習概要、昭和51年5月
- 11) 銭谷；バス専用レーン設置によるバスの運行改善、オペレーションズリサーチ、pp. 698～703.
昭和51年12月
- 12) 関西情報センター、システム科学研究所；コンピュータによるバス運行管理システムの研究、研究報告
書、pp. 73～82、昭和51年3月

第 6 章 街路区間におけるバスレーン設置効果に関する研究

6・1 概 説

第 4 章では都市規模の街路網、第 5 章では任意のバス 1 系統を対象としてバスレーンの設置効果を測定するシミュレーションモデルを提案し、モデルを用いて効果の試算を行ない考察した。本章ではある一定の道路区間におけるバス専用レーンの設置効果を測定するモデルを定式化し、このモデルを用いて試算を行ない、バスレーンの効果を比較考察する。

まず車 1 台ごとに単位時間後の行動を、前後を走行する車の種類と位置関係から決定し、バス専用レーン設置が一般車の表定速度や信号待ち停滞長などに与える影響、バス 1 台ごとの運行挙動とバス乗客の平均待ち時間などへの影響を測定するモデルを定式化する。このモデルは、3.3.4 で述べたようにある街路区間におけるシミュレーションモデルであり、上記のような性格から、今まで提案した第 4 章のマクロモデル、第 5 章のバス運行モデルと対比して、ミクロモデルと呼ぶ。

このモデルを用いて、バス専用レーンの設置位置、バス優先信号システム採用の有無、信号の周期、交通量などの種々の組み合わせによる数多くのケースを設置し、それぞれのケースのバス優先信号並びにバス専用レーン設置の効果を測定できる。とくにバスレーンを歩道寄、中央線寄に設ける設置位置の違いを解析できるのが従来のモデルにない特徴である。

6.2 ではミクロモデルの概要、前提条件と定式化について述べる。6.3 では試算に必要な与件、インプットデータ及びケース設定について述べる。つぎに 6.4 では 6.3 のデータを 6.2 のモデルに入力し、バスレーン設置の有無、バス優先信号設置の有無、信号の周期などを変えた種々のケースそれぞれについて試算を行ない、バスレーンの効果、バス優先信号の効果について比較考察する。

6.5 では、バスレーンを歩道側並びに中央線側に設ける場合、バス停を歩道側並びに安全地帯に設ける場合、合計 4 種のバスレーン設置案の優先順位を、6.4 の試算値を用いて決定する。

つぎに、信号の周期 60 秒と 100 秒の 2 種、バスの発車間隔 60 秒と 180 秒の 2 種、バス停での乗降客数の大・小の 2 種、一般車交通量の 3 種類について、合計 24 ケースの道路区間を設定する。6.4 の試算結果を用いて、2.3.2 で提案した道路区間の優先順位決定方法を適用して 24 種の道路区間にバスレーンならびにバス優先信号を設置する優先順位について考察する。

6・2 ミクロモデルの概要

ここではミクロモデルの作成に必要な前提条件及び定式化について述べる。

6・2・1 モデルの前提条件と与件

(1) モデルの前提条件

モデルでは以下に述べる前提条件を設ける。

(a) 対象区間

- ① 道路の片側方向のみを対象とする。
- ② 車線は歩道側より数えて第 1、第 2、第 3 車線とする。
- ③ 道路をバス停と交差点の信号をそれぞれ 1 ケ所ずつ含む区間に分割する。この分割された部分を道路区間と呼ぶ。

(b) 交通量と車頭時間間隔、安全距離

- ① 対象とする時間帯の一般車交通量は時間的に変動せず一定である。
- ② 一般車には乗用車、タクシー、トラックの 3 つの車種があり、これら車種別の車頭時間間隔は指数分

布に従う。

- ③ 安全距離；これは前方を走行する車が急停車しても前車に追突しない車間距離であり、現在の走行速度の関数で示すこととする。

(c) バス停での乗客の行動

- ① バス停への1分間あたり乗客の到着人数はポアソン分布に従う。²⁾
- ② バス停への乗客の平均到着人数及び平均降車人数は、各バス停ごとにそれぞれ一定であり時間的に変動しない。
- ③ バスの乗車時間並びに降車時間は、それぞれ乗車人数並びに降車人数の一次関数で表わされる。³⁾

(d) バスの走行中並びに停車中の行動

- ① 始点でのバスの発車間隔は一定である。
- ② 乗降サービスはだんだん運転か否かでつぎの2つの場合がある。
 - (i) だんだん運転が生じる場合；後のバスはまず降車サービスのみを扱い、前のバスの発車後即座に乗車サービスを開始する。
 - (ii) だんだん運転でない場合；乗車並びに降車サービスを同時に行なう。
- ③ バスの停車時間はつぎの2つの場合に分かれる。
 - (i) だんだん運転でない場合；乗車時間と降車時間のうち長い方の時間。
 - (ii) だんだん運転の場合；降車時間、前のバスが発車するまで待つ時間、乗車時間を合計した時間。
- ④ 乗降サービスが終了すれば即座に発車する。
- ⑤ バスはバス停留所の手前30 m以内に近づいたとき、バス停のある所定の位置（前にバスが乗降サービスをしていれば、そのバスの直後）に停車できるように減速する。
- ⑥ 前方に駐停車中の一般車があり、その車との距離が30 m以内になればバスは進路変更する。
- ⑦ バスは交差点で直進する。

(e) バス並びに一般車の加速度・減速度及び走行速度の上限

- ① 加速度並びに減速度は、バスと一般車についてそれぞれ一定であり、時間的に変動しない。
- ② 走行速度の上限はつぎの3つの速度のうち最小の速度とする。
 - (i) 1時間あたりの交通量の一次関数で表わされる速度。⁴⁾
 - (ii) 道路区間の交通密度から定まる速度。^{5) 6)}
 - (iii) 法的最高速度。
- ③ ②に定める区間の最高速度以下で走行する。

(f) 一般車の走行中並びに停車中の行動

1) 交差点での右左折

道路区間の最終交差点のみで右左折する。

2) 走行状態

一般車の走行状態にはつぎの5つの場合がある。

- ① 自由走行；前方を走行する車との間に安全距離があるときの走行状態をいう。
- ② 追従走行；前車との間に安全距離がない場合であり、前車の速度よりも速いか否かでつぎの2つのうちどちらかの行動をとる。
 - (i) 前車の速度よりも速い場合、前車に追突しないように減速する。
 - (ii) ひきつづき追従中であるが進路変更できないので、前車と同じ速度で走行する。
- ③ 進路変更

進路変更はつきに述べる4つの場合で、前を走行する車種、走行状態を考慮して、変更後の車線の前方並びに後方の車との距離が安全距離以上であるときに行なう。

- (i) 前方に駐停車中の一般車があり、その車との距離が30 m以内の場合。
- (ii) 前方に走行中あるいは停車中のバスがあり、そのバスとの距離が30 m以内の場合。
- (iii) 前述した追従走行の状態の場合。
- (iv) 最終交差点で右左折する場合。

④ 加速

加速にはつきに述べる3つの場合がある。

- (i) 信号が赤から青に変わり前車との車間距離が安全距離以上ある場合。
- (ii) 駐停車の状態から発進する場合。
- (iii) 追従走行状態から進路変更する場合。

⑤ 減速

減速はつきに述べる4つの場合で、進路変更ができないときに行なう。

- (i) 駐車又は停車している車が前にいる場合；これには信号が青であるが、まだ前車が発車していない場合を含む。
- (ii) 駐停車のために路側に進路変更する場合。
- (iii) 追従走行状態で前車よりも速度が速い場合。
- (iv) 信号が赤の場合。

(g) バス専用レーン

① 一般車はつきに述べる2つの場合のみバス専用レーン内を走行できる。

- (i) 右左折する車が交差点の60 m手前から進路変更のために専用レーン内を走行する場合。
- (ii) タクシーが乗降のために路側へ進路変更し、専用レーン内を走行する場合。

② タクシーが乗降のために停車する以外、一般車の駐停車は禁止する。

③ バスはつきに述べる2つの例外を除き専用レーン内のみを走行する。

- (i) 前方に乗降サービス中のタクシーがある場合。
- (ii) バス専用レーンが道路中央線寄、バス停留所が路側寄にあるとき、バス停留所の手前60 m以内で路側寄に進路変更し、一般車用車線を走行する場合。

(h) 信号

信号には一般車用の信号とバス専用のバス優先信号とがあり、これら2種類の信号には、いずれも赤、青の2つの表示がある。

このうちバス優先信号にはつきに述べる2つの種類がある。

1) 赤信号の短縮を行なう方式（以下赤時間短縮方式という）

これにはつぎの2つの条件がある。

- ① バスの感知；バスが信号の直前に来るときに優先信号の感知が行なわれる。
- ② 優先信号の作動；バスが感知されたとき、一般車用信号が赤の場合にバス優先信号が作動する。この作動状態は、赤信号になってからの経過時間が赤信号現示時間の半分以上か否かで、つきに述べる2つの場合がある。
 - (i) 赤信号現示時間の半分以上経過している場合；即座にバス優先信号は青信号になり定められた時間継続する。定められた一定時間経過後一般車用の信号も青になる。（図6.2.1参照）
 - (ii) 赤信号現示時間の半分を経過していない場合、半分を経過するまでバスは待機する。その後ただちにバス優先信号は青になり一定時間継続する。（図6.2.1参照）

2) 青信号の延長とバスの通過のための余裕時間を追加する方式（以下青時間延長方式という）

5) 区間特性

- ① 車線数と道路幅員
- ② 信号の周期とスプリット
- ③ バス停留所数
- ④ バス停の乗降客数

これらの与件の違いが、対象区間やバスレーン設置代替案の違いとして表わされる。

(b) インプットデータ

マイクロモデルでは、前述した与件のほかにつきに述べるデータを必要とする。

1) 車種別交通量

- ① バスの運行本数
- ② タクシーの1時間あたり交通量と平均車頭時間間隔
- ③ 乗用車の1時間あたり交通量と平均車頭時間間隔
- ④ 貨物自動車の1時間あたり交通量と平均車頭時間間隔

2) 走行速度と交通量の関係を示す式の係数

3) バスの乗車人数と乗車時間、降車人数と降車時間、それぞれの関係を示す一次式の係数

4) 追越確率

5) 駐停車時間の平均と偏差

6) 車種別の車両の長さ

(c) モデルのアウトプット

一般車、バス、バスの乗客、それぞれについてつきに述べるアウトプットが得られる。

1) 一般車

- ① 区間所要時間
- ② 表定速度
- ③ 信号待ちによる停滞長

2) バス

- ① 区間所要時間
- ② だんご運転生起回数
- ③ バス停留所到着時間間隔の偏差
- ④ 表定速度

3) バスの乗客

- ① 平均待ち時間
- ② バス1台あたり平均積み残し数

6・2・2 モデルの概要

本モデルは図6.2.3に示されるように、7つの主要な部分から成る。

(1) インプット情報の処理

6.2.1で述べた与件、インプットデータを入力する過程である。

(2) 初期値設定

ここではつきの数値に初期値を設定する。

- ① 乱数初期値
- ② 信号のオフセットの初期状態
- ③ 一般車並びにバスの初期発生時刻

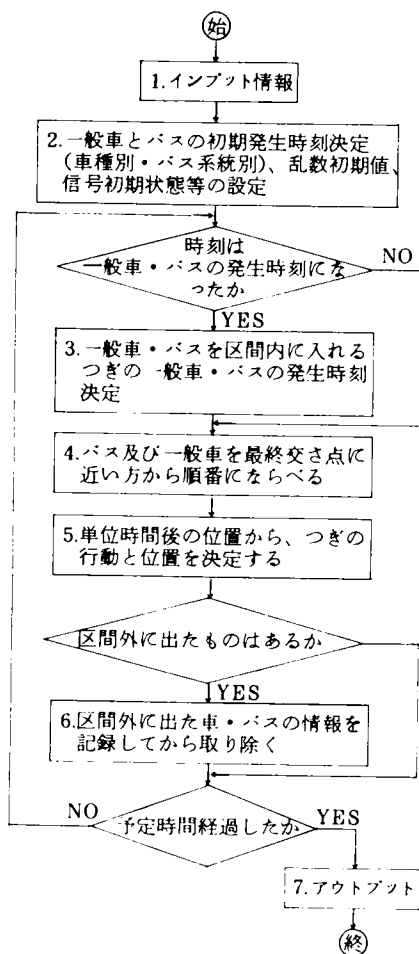


図 6.2.3 ミクロモデルのフローチャート

④ 各道路区間、各車線の走行中のバス台数、一般車台数の初期状態

(3) 一般車並びにバスの発生処理

これは、バス並びに一般車がモデルの対象区間に流入するかどうかを発生時刻で判定し、流入するバス、一般車に対して速度、車長、走行車線と現在位置を定める過程である。

(4) 車両位置にもとづく計算処理順番の整理

計算処理を簡単にするために、バス及び一般車を最終交差点に近い方から順にならべる過程である。

(5) バス並びに一般車の行動処理

車の単位時間後の位置と速度を、前方並びに後方の車の位置・速度をもとにして変更するか、あるいは従前の状態のまま継続するかを決定する過程である。

前方の車の種類、車間距離、交差点の信号の変化に対して、前提条件で述べたつぎの5つの行動を決定する。

- ① 自由走行
- ② 追従走行
- ③ 減速行動
- ④ 進路変更
- ⑤ 加速行動

以上の5つの行動は図 6.2.4 に示される手順で処理される。

(6) 区間外に出る一般車並びにバスのそれぞれの表定速度、区間外に出る一般車並びにバスのそれぞれの表定速度、区間所要時間などを記録し、これらの流出するバス、一般車をシステム内から取り除く過程である。

(7) 統計出力処理

区間外に流出したバス並びに一般車について、測定対象区間を経過するとき 6.2.1 (2)(c) で述べたアウトプットを出力する過程である。

以上がモデルの概要であるが、次節ではモデルの前提条件にもとづいて定式化を行なう。

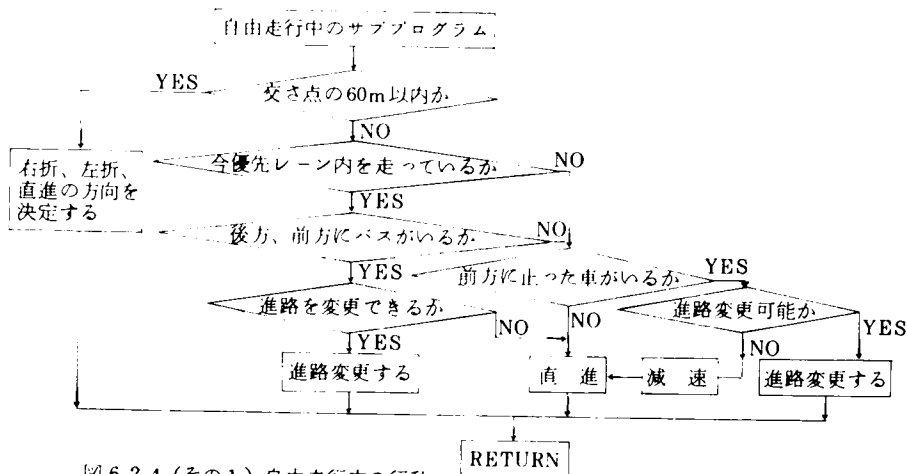


図 6.2.4 (その1) 自由走行中の行動

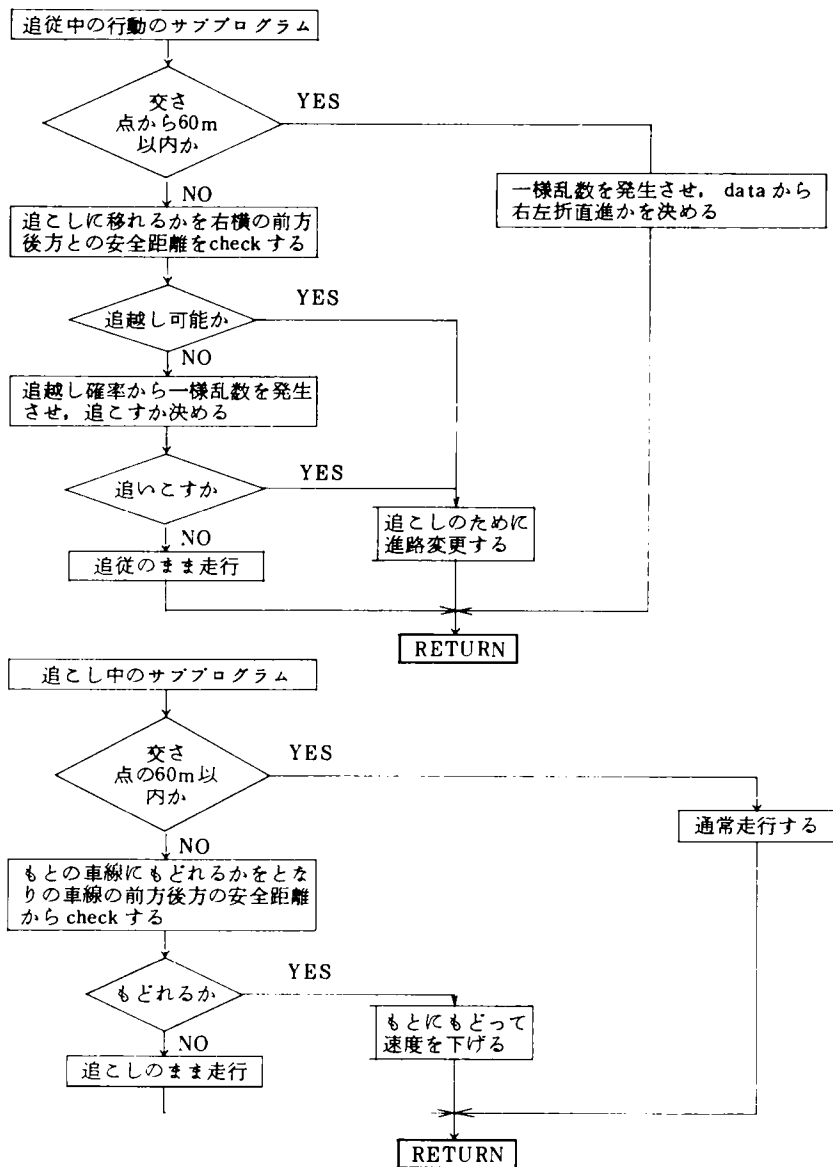


図 6.2.4 (その 2) 追従走行ならびに追越中の行動

区間外に流出したバス並びに一般車について、測定対象区間を経過するとき 6.2.1 (2)(c) で述べたアウトプットを出力する過程である。

以上がモデルの概要であるが、次節ではモデルの前提条件にもとづいて定式化を行なう

6・2・3 モデルの定式化

6.2.1 で述べた前提条件にもとづきモデルを定式化する。

(1) 走行速度の上限

走行速度の上限はつぎに述べる 3 つの速度のうち最小な速度である。

- ① 法的に許された最高速度 v_{\max} (m/sec)
- ② 1 時間あたり交通量との関係で定まる速度

交通容量以下では、走行速度は交通量の一次関数で近似できる。そこで、バス並びに一般車の速度は1時間あたり交通量 Q を用いて次式で示すこととする。

$$V_c = a_c Q + b_c, \quad v_c = V_c / 3.6 \dots\dots\dots (6.2.1)$$

$$V_b = a_b Q + b_b, \quad v_b = V_b / 3.6 \dots\dots\dots (6.2.2)$$

ここに Q ; 1時間あたり交通量

V_c ; 一般車の速度 (km/h)

v_c ; 一般車の速度 (m/sec)

V_b ; バスの速度 (km/h)

v_b ; バスの速度 (m/sec)

a_c, b_c, a_b, b_b ; $Q-v$ 定数

③ 道路区間の交通密度から定まる速度

区間速度は区間の交通密度に比例する。^{5) 6) 7)} そこで、道路区間の交通密度を k (台/m) とし、このときの速度 v_k を次式で示すこととする。

$$v_k = c \cdot k + d \dots\dots\dots (6.2.3)$$

ここに、 c, d ; $k-v$ の定数

v_k ; 交通密度 k のときの速度 (m/sec)

従って、一般車並びにバスの走行速度の上限は上記①, ②, ③の速度の最小値であり、次式となる。

$$v_c^* = \min (v_{\max}, v_c, v_k) \dots\dots\dots (6.2.4)$$

$$v_b^* = \min (v_{\max}, v_b, v_k) \dots\dots\dots (6.2.5)$$

ここに v_c^* ; 一般車の走行速度の上限 (m/sec)

v_b^* ; バスの走行速度の上限 (m/sec)

(2) 始点での一般車の発生時刻

1) 車頭時間間隔

仮定から車頭時間間隔は指数分布をするので、車種 i の単位時間あたり交通量を λ_i 、車頭時間間隔を t_i 秒とすれば、このときの確率密度関数は次式で示される。¹⁾

$$f(t_i) = \lambda_i e^{-\lambda_i t_i} \dots\dots\dots (6.2.6)$$

車頭時間間隔が t 秒以上になる超過確率は次式となる。

$$F(t) = \int_t^{\infty} \lambda_i e^{-\lambda_i t} dt = e^{-\lambda_i t} \dots\dots\dots (6.2.7)$$

式(6.2.7)の t を解き次式が求められる。

$$t = F^{-1}(t) = -\ln \{F(t)\} / \lambda_i \dots\dots\dots (6.2.8)$$

ここで、 $F(t)$ に0と1の間の一様乱数を与えるとき、車頭時間間隔 t_i^* 秒が求まる。

2) 発生時刻の決定

車種 i の発生時刻 t_i^f 秒とすれば、つぎの発生時刻 t_i^f 秒は次式で示される。

$$t_i^f = t_i^f + t_i^* \dots\dots\dots (6.2.9)$$

(3) バスに関する諸指標の定式化

1) 発生時刻の決定

バスの発車間隔を t_b^f 秒、前のバスの発生時刻を t_b^f 秒とすると、つぎのバスの発生時刻 t_b^f 秒は次式で示される。

$$t_b^f = t_b^f + t_b^* \dots\dots\dots (6.2.10)$$

2) 乗車・降車時間並びに停車時間

① 乗車時間

バス停 j の乗車人数を M_{nj} とし、バス i の乗車サービス時間 t_{1ij} 秒を M_{nj} の一次関数で表わし、次式で示

すこととする。

$$t_{1ij} = a_1 M_{nj} + b_1 \quad \dots\dots\dots (6.2.11)$$

ここに、 a_1, b_1 ; 定数

② 降車時間

バス停 j の降車人数を M_{0j} とし、バス i のバス停 j での降車サービス時間 t_{2ij} 秒を M_{0j} の一次関数で表わし、次式で示す。

$$t_{2ij} = a_2 M_{0j} + b_2 \quad \dots\dots\dots (6.2.12)$$

ここに、 a_2, b_2 ; 定数

③ 停車時間

バス i の停車時間は、バス停 j でだんご運転が生じない場合、だんご運転が生じる場合で、つぎの2つに分かれる。

(i) だんご運転が生じない場合

乗車・降車時間のうちの長い方で停車時間を表わす。すなわち S_{ij} 秒は次式で示される。

$$S_{ij} = \max \{ t_{1ij}, t_{2ij} \} \quad \dots\dots\dots (6.2.13)$$

(ii) だんご運転が生じる場合

乗車時間、降車時間、前のバスが発車するまで待つ時間の和を停車時間とし、次式で示す。

$$S_{ij} = t_{1ij} + t_{2ij} + \alpha_{ij} \quad \dots\dots\dots (6.2.14)$$

ここに S_{ij} ; 停車時間 (秒)

α_{ij} ; バス i がバス停 j で前のバスが発車するまで待つ時間

3) その他の指標

バス停における乗車人数、降車人数、バス停到着人数、積み残し人数、乗客の待ち時間、バスのだんご運転生起回数などは、5.3のバス運行モデルの定式化と同様に行なう。そこで、これらの定式化は省略する。

(4) 加速・減速と前方の車との安全距離

1) 加速と加速後の速度、走行距離

一般車並びにバスの加速度をそれぞれ A_c, A_b とする。加速時の Δt 秒後の速度はつぎのようである。

① 一般車の場合

一般車の上限速度 V_c^* を越えないように次式で示される。

$$V'_c = \min \{ V_c + A_c \cdot \Delta t, V_c^* \} \quad \dots\dots\dots (6.2.15)$$

ここに、 V_c ; 現在の一般車の速度 (m/sec)

V'_c ; Δt 秒後の一般車の速度 (m/sec)

② バスの場合

バスの上限速度 V_b^* を越えないように次式で示される。

$$V'_b = \min \{ V_b + A_b \cdot \Delta t, V_b^* \} \quad \dots\dots\dots (6.2.16)$$

ここに、 V_b ; 現在のバスの速度 (m/sec)

V'_b ; Δt 秒後のバスの速度 (m/sec)

Δt 秒間の走行距離は、現在の速度と加速度を考慮して次式で示すこととする。⁸⁾

$$\Delta y_c = V_c \cdot \Delta t + A_c \cdot \Delta t^2 / 2 \quad \dots\dots\dots (6.2.17)$$

$$\Delta y_b = V_b \cdot \Delta t + A_b \cdot \Delta t^2 / 2 \quad \dots\dots\dots (6.2.18)$$

ここに、 y_c ; 一般車の Δt 秒間の走行距離 (m)

y_b ; バスの Δt 秒間の走行距離 (m)

2) 減速と減速後の速度、走行距離

一般車並びにバスの減速度を B_c, B_b とする。減速後の速度、走行距離はつぎのようである。

① 一般車の場合

(i) 減速後の速度 v'_c

減速後の速度は非負であり次式で示される。

$$v'_c = \max \{ v_c - B_c \cdot \Delta t, 0 \} \quad (6.2.19)$$

(ii) 減速後の Δt 秒間の走行距離 Δy_c (m) :

現在の速度 v_c と減速度 B_c を考慮し、次式で示すこととする。

$$\Delta y_c = v_c \cdot \Delta t - B_c \cdot \Delta t^2 / 2 \quad (6.2.20)$$

② バスの場合

(i) 減速後の速度 v'_b

減速後の速度は非負であり次式で示される。

$$v'_b = \max \{ v_b - B_b \cdot \Delta t, 0 \} \quad (6.2.21)$$

(ii) 減速後の Δt 秒間の走行距離 Δy_b (m)

$$\Delta y_b = v_b \cdot \Delta t - B_b \cdot \Delta t^2 / 2 \quad (6.2.22)$$

一般車、バスの現在の位置をそれぞれ y_c 、 y_b 、加速あるいは減速した Δt 秒後の位置をそれぞれ y'_c 、 y'_b とし、次式に示す。

$$y'_c = y_c + \Delta y_c \quad (6.2.23)$$

$$y'_b = y_b + \Delta y_b \quad (6.2.24)$$

3) 前車との安全距離

安全距離とは、前車が急停車しても追突しない距離である。制動距離を考慮すると、安全距離は速度の2乗に比例する。⁹⁾ そこで現在の速度を v_o (m/sec) とし、前車との安全距離 S_a (m) は次式のように速度の2次関数で表わされるものとする。

$$S_a = s_1 v_o + s_2 v_o^2 + s_3 \quad (6.2.25)$$

ここに、 s_1 、 s_2 、 s_3 ; 定数

Δt 秒後の速度を v'_o とすれば、この場合の安全距離 S'_a は次式で示される。

$$S'_a = s_1 v'_o + s_2 v'^2_o + s_3 \quad (6.2.26)$$

ここに v'_o ; Δt 秒後の一般車又はバスの速度

Δt 秒後の前車の位置を x^f_i (m) 前車の車長を l_i (m) とすれば、車間距離 d (m) は次式で示される。

$$d = | x^f_i - y'_o - l_i | \quad (6.2.27)$$

ここに y'_o ; Δt 秒後の一般車又はバスの位置

Δt 秒後に車が自由走行、追従走行のいずれになるかは、上式で示される d と式 (6.2.26) の S'_a との大小関係で定まる。すなわちつぎのようである。

(i) $d \geq S'_a$ のとき ; 自由走行

(ii) $d < S'_a$ のとき ; 追従走行

追従走行の場合、進路変更が可能か否かでつぎの2つの場合に分かれる。

① 進路変更が不可能な場合

これにはつぎに述べる3つの場合がある。

(i) 交差点の手前 60m 以内に近づき、右左折をしない場合

(ii) 2車線のうち1車線がバス専用レーンであり、前の車が駐停車でない場合

(iii) 変更後の車線における前方、後方のそれぞれの車との間に安全距離がとれない場合

これらの3つの場合、いずれも式 (6.2.19) 又は式 (6.2.21) で示される速度に減速して前車に追従する。

② 進路変更が可能な場合

変更後の車線で前方の車との車間距離 d_1 、後方の車との車間距離 d_2 、後方の車の速度 v'' とする。まず

後方の車に対する安全距離 S_d'' は、後方の車の速度 v'' を用いて次式で示される。

$$S_d'' = s_1 v''^2 + s_2 v'' + s_3 \quad (6.2.28)$$

次式の不等号が成立するとき、進路変更は可能である。

$$\left. \begin{array}{l} d_1 \geq S_d' \\ d_2 \geq S_d'' \end{array} \right\} \quad (6.2.29)$$

(5) 信号周期、青信号、赤信号並びに青・赤信号開始時刻の変更

1) 青信号、赤信号の表現

信号の周期を C 秒、青信号現示時間を G 秒、赤信号現示時間を R 秒、車が信号の設置された位置を通過する時刻を T 秒とする。ここで Δt 秒を C と T を用いて次式で定義する。

$$\Delta t = T - [T/C] \cdot C \quad 0 \leq \Delta t < C \quad (6.2.30)$$

ここに $[T/C]$; T/C を越えない最大の整数

青信号及び赤信号の状態はそれぞれつぎの2つの場合で示される。

① 青信号の状態

$$0 \leq \Delta t < G \quad (6.2.31)$$

② 赤信号の状態

$$G \leq \Delta t < C \quad (6.2.32)$$

2) バス優先信号による信号周期のずれの補正

赤信号短縮方式のバス優先信号の場合、赤信号を短縮する時間だけ、各青信号・赤信号の始まる時刻が変わる。

青、赤を式(6.2.31)、(6.2.32)で表現する場合上、このずれを記録する必要がある。

たとえば図6.2.1の場合、信号3はバス優先信号が働いていないので、今仮にこの信号の周期並びに青・赤信号開始時刻を基準時刻にとる。図6.2.5に信号2と信号3の時刻の対応を示す。図中の G' はバス優先信号が青である時間、 R'_1 、 R'_2 はそれぞれ赤信号短縮時間を表わす。

信号3の基準時刻を τ_3 、信号2の時刻を τ_2 とする。図6.2.5ではこれら τ_3 、 τ_2 の関係は次式で示される。

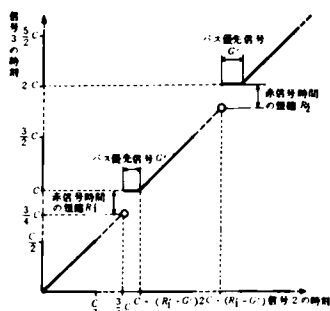


図6.2.5 赤信号短縮方式の場合の赤信号・青信号の対応

$$\tau_3 = \tau_2 \quad ; \quad 0 \leq \tau_2 < \frac{3}{4}C \quad (6.2.33)$$

$$\tau_3 = C \quad ; \quad \frac{3}{4}C \leq \tau_2 < C - (R'_1 - G') \quad (6.2.34)$$

$$\tau_3 = \tau_2 + R'_1 - G' \quad ; \quad C - (R'_1 - G') \leq \tau_2 < 2C - (R'_1 - G') \quad (6.2.35)$$

ここで、 $(R'_1 - G')$ は信号2がバス優先信号によって基準時刻からずれる時間を表わす。

そこでこの時間を $t_0 f$ とし、次式で示す。

$$t_0 f = R' - G' \quad (6.2.36)$$

青信号延長方式の場合、正規の青信号の終わりの時刻から延長される時間 G'_1 と、バス優先通過の青信号時間 G'_2 の和 G'' だけ赤信号の始まる時刻がずれることが、図6.2.3と同様にわかる。信号3と信号2の対応は図6.2.6のようであり、次式で示される。

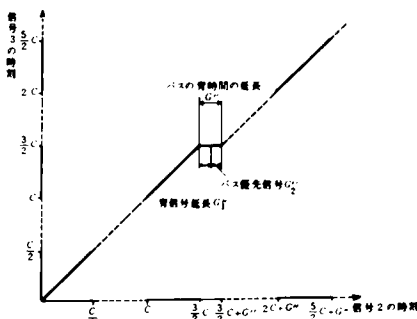


図6.2.6 青信号延長方式の場合の赤信号・青信号の対応

$$\tau'_3 = \tau'_2 \quad ; \quad 0 \leq \tau'_2 \leq \frac{3}{2}C \quad (6.2.37)$$

$$\tau'_3 = \frac{3}{2}C \quad ; \quad \frac{3}{2}C \leq \tau'_2 \leq \frac{3}{2}C + t_0 f \quad (6.2.38)$$

$$\tau'_3 = \frac{3}{2}C - t'_{bf} ; \frac{3}{2}C + t'_{bf} \leq \tau'_2 \dots\dots\dots (6.2.39)$$

$$\text{ここに } t'_{bf} = G'_1 + G'_2 = G' \dots\dots\dots (6.2.40)$$

6・3 試算の与件、インプットデータとケース設定

ここでは試算に必要な街路区間、信号位置、バス停留所の位置、インプットデータ並びにケース設定について述べる。

6・3・1 試算の与件

(1) 街路区間と信号の位置

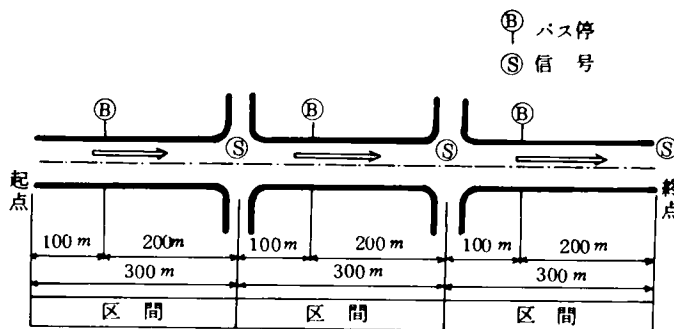
- ① 図 6.3.1 に示される 3 つの道路区間から成る街路の片側方向を対象とする。
- ② 各道路区間の終点に一般車信号とバス優先信号がある。
- ③ 各優先信号の 50m 手前に青時間延長用のバス感知機がある。赤信号短縮は信号の位置で感知される。
- ④ バス優先通過の青信号は 5 秒間とする。

(2) バス停留所

バス停留所は図 6.3.1 に示されるように、各区間の信号の手前 200m のところにある。

(3) 車線

車線は 2 車線とし、歩道側から数えて第 1、第 2 車線とする。道路幅員は片側 2 車線で 7m とする。



6・3・2 インプットデータ

(1) 交通量と走行速度の関係

① 交通量と走行速度の実態調査¹⁰⁾

をもとにして回帰分析を行なった。その結果をつぎに示す。

$$V_c = -0.0202Q + 65.668$$

(データ数 9

相関係数 - 0.981)

..... (6.3.1)

図 6.3.1 対象道路区間とバス停、信号の位置

$$\left. \begin{aligned} V_b &= -0.005668Q + 37.372 \\ &(\text{データ数 } 17 \quad \text{相関係数} - 0.810) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (6.3.2)$$

適用範囲 $200 \leq Q \leq 1600$

ここに Q ; 全車種交通量 (台/時)

V_c ; 一般車の走行速度 (km/h)

V_b ; バスの走行速度 (km/h)

なお Q と V の相関は、危険率 1% で有意である。

② 交通密度と区間速度の関係

道路区間の 300m に 5m おきに車がつまった状態の速度を 0、1 台もない場合は 18m/sec とする。道路区間の交通密度を k (台/m) とし、区間速度 v_k を次式で示すこととする。

$$v_k = 18.0 - 90k \dots\dots\dots (6.3.3)$$

③ 法定最高速度 V_{\max} は 50km/h とする。

(2) 加速度及び減速度

バス及び一般車の加速度、減速度は表 6.3.1 に示す値とする。

(3) バス停留所での乗車時間、降車時間

乗車人数と乗車に要する時間、降車人数と降車時間の実態調査にもとづき相関分析を行ない、つぎに示す回帰式を得た。

① 乗車時間

$$t_1 = 1.53 M_n + 5.23 \quad \dots\dots\dots (6.3.4)$$

ここに、 M_n ；乗車人数、 t_1 ；乗車時間（秒）

データ数 47，相関係数 0.8499

なお適用範囲は $0 \leq M_n \leq 20$

② 降車時間

$$t_2 = 1.52 M_o + 4.07 \quad \dots\dots\dots (6.3.5)$$

ここに、 M_o ；降車人数、 t_2 ；降車時間（秒）

データ数 65，有関係数 0.9347

なお適用範囲は $0 \leq M_o \leq 30$

上記に示す 2 つの式の相関分析は、いずれも危険率 1% で有意である。

表 6.3.1 加速度と減速度の数値

	加 速 度	減 速 度
バ ス	0.85 m/sec ²	2.0 m/sec ²
一般車	1.4 m/sec ²	2.0 m/sec ²

注) 星埜和氏による。

表 6.3.2 バス停の乗降客数

	乗降の多いバス停	乗降の少ないバス停
一分間当たり平均到着人数	9.528 人/分	2.784 人/分
平均降車人数	15.25 人	3.32 人
同 上 偏 差	9.83 人	1.05 人

注) 京都四条通バス停の乗降人数の平均値である。^{10) 12)}

(4) バス停留所の平均到着人数と平均降車人数

京都市交通局の乗降客数に関する調査資料にもとづき、表 6.3.2 に示される平均到着人数及び平均降車人数の値を用いる。^{10) 12)}

(5) 一般車の追越確率並びに駐停車時間

① 追越確率

速度 60 km/h，交通密度 20 台/km のとき 1 台 1 時間走行あたり追越回数は平均 9 回⁵⁾である。本モデルの 900m 区間の走行時間は約 2 分であるので、一般車が追従走行状態のとき追越する確率は 1 台あたり 0.3 とする。

② 停車時間

平均停車時間は 10 秒，偏差は 5 秒とする。停車確率は 1 台あたり交通量 200 台/時のとき 0.01 とする。

③ 駐車時間

平均駐車時間は 9 秒，偏差は 40 秒とする。駐車確率は 1 台あたり交通量 200 台/時のとき 0.001 とする。

駐車確率並びに停車確率は、一般車交通量 200 台/時のときを基準にし、交通量の増加に反比例して減少するものとする。

(6) 車種別の車長

タクシー並びに乗用車は 5 m，貨物自動車は 6 m，バスは 10 m とする。

(7) 安全距離の係数

一般に平均車頭間隔 c_m は、速度 v m/sec，すべり摩擦係数 f ，運転者の反応時間 r 秒，平均車長 l_m とすれば次式で示される。⁶⁾

$$c = 0.00394 \frac{v^2}{f} + \frac{r}{3.6} + l \quad \dots\dots\dots (6.3.6)$$

速度 35 ～ 50 km/h のとき $f = 0.35$ ，反応時間 $r = 0.9$ 秒とすれば次式となる。

$$c = 0.0113 v^2 + 0.25 v + l \quad \dots\dots\dots (6.3.7)$$

安全距離は式 (6.3.6)，(6.3.7) の第 1 項，すなわち制動停止距離が重要である。そこでこの第 1 項の

安全側を考慮し、停止時の車間距離を 1.5 m とし、次式で安全距離 S_a を与えることとする。

$$S_a = \frac{1}{28} v^2 + \frac{1}{4} v + 1.5 \quad \dots\dots\dots (6.3.8)$$

6.3.3 試算ケースの設定

1 時間あたり一般車交通量、バス停の乗降人数、バスの発車間隔、バスレーン設置の有無と歩道寄、中央線寄のどちらに設けるか、についてつぎのように設定する。

(1) 一般車交通量

1 時間あたり 330 台、640 台、920 台の 3 種類を設定する。それぞれの場合の車種別車頭時間間隔を京都四条通の車種別交通量の構成を参考にして、表 6.3.3 のように与える。

(2) バス停の乗降人数

表 6.3.2 の値にもとづき、乗降の多いバス停の場合、乗降の少ないバス停の場合の 2 種類を設定する。

(3) バスの発車間隔

つぎの 2 つを設定する。

- ① 60 秒間隔；1 時間あたり 60 台の運行本数
- ② 180 秒間隔；1 時間あたり 20 台の運行本数

表 6.3.3 一般車交通量と車種別車頭時間間隔(秒)

車種 \ 一般車交通量 (台/時)	330	640	920
乗用車	20.2	10.4	7.2
タクシー	33.3	17.1	11.8
貨物自動車	90.0	46.7	32.7

歩道側に設置

(d) バスレーンを中央線側の第 2 車線に、バス停も中央線側の安全地帯に設置

なお(a)並びに(d)の場合、第 1 車線に一般車の駐・停車は可能とする。

(5) バス優先信号

バス専用レーンを設置する場合に、併設して優先信号を設置するかしないかの 2 種類を設定する。

(6) 信号の周期

つぎの 2 種類を設定する。

- ① 60 秒周期
- ② 100 秒周期

(a) バスレーンなし

バス停	バス	一般車	バス	一般車
	の	の	の	の
	60%	40%	40%	60%
	第 1 車線	第 2 車線	第 1 車線	第 2 車線

(b) バスレーン歩道側

バス停	バス	一般車
	↑	↑
	第 1 車線	第 2 車線

注) 上記%は車種別、車線通行割合を示す

(c) バスレーン中央線側；バス停歩道側

バス停	一般車	バス
	↑	↑
	第 1 車線	第 2 車線

(d) バスレーン中央線側；バス停安全地帯

バス停	一般車	バス
	↑	↑
	第 1 車線	第 2 車線

図 6.3.2 バスレーンの設定と通行区分

(4) バスレーンの設置位置並びにバス停の位置

バスレーンの位置、バス停の位置について、図 6.3.2 に示すつぎの 4 種類を設定する。

- (a) バスレーンを設置しない、混合交通
- (b) バスレーンを歩道側の第 1 車線に設置
- (c) バスレーンを中央線側の第 2 車線に、バス停を

(7) 試算ケースの設定

まずバスレーン設置位置並びにバス停設置位置の違いを試算するため、信号の周期 60 秒について、表 6.3.4 に示される交通量 3 種、バスレーンの設置位置 4 種、バスの発車間隔 2 種、乗客数 2 種で組み合わせをつくり、合計 48 ケースを設定する。

つぎにバスレーン設置の有無並びにバス優先信号設置の有無による効果の違いを試算するため、表 6.3.5 に示される信号周期 2 種、交通量 3 種、バスレーン並びに優先信号の有無による 3 種、バス発車間隔 2 種、

乗降客数2種で、合計72ケースを設定する。

(8) モデルの精度とその検証

本モデルを用いて、京都四条通の四条河原町ー四条烏丸間約900mを例にとり、交通量330, 920台/時、乗客数を前記(2)の2種類、信号周期100秒について試算したところ、表6.3.6に示す値が得られた。このモデルによる各指標の試算値を実績値と比較すると、現実をよく再現していることがわかる。またバスレーンの設置効果並びに優先信号の効果も現実とよく適合している。

表 6.3.4 ケース設定 その1

交通量 (台/時)	バスの発車 間隔 (秒)	1人当りバス停 到着人数 (人/分)	バスレーンの有無, 設置車線 バス停の位置
330	60	9.528 (乗降大)	バスレーンなし
640	180	2.784 (乗降小)	バスレーン歩道側
920			バスレーン中央側: バス停歩道側 バスレーン中央側: バス停安全地帯

表 6.3.5 ケース設定 その2

信号周期 (秒)	交通量 (台/時)	バスの発車 間隔 (秒)	1分当りバス停 到着人数	バスレーンの有無 優先信号の有無
60	330	60	9.528 (乗降大)	バスレーンなし
100	640	180	2.784 (乗降小)	バスレーン有, 優先信号なし
	920			バスレーン有, 優先信号有

表 6.3.6 モデルの試算値と実績値の比較

比較項目		モデル	実績値
一般車の 表定速度	交通量330台/h	35.8 ~ 37.4 km/h	32 km/h 注1)
	920台/h	25.3 ~ 28.7 km/h	25 km/h 注1)
バスの 表定速度	交通量330台/h	16.7 ~ 18.0 km/h	19.5 km/h 注2)
	920台/h	9.4 ~ 11.2 km/h	11.6 km/h 注2)
バスの運 行時間の 構成割合	走行時間	65.5 ~ 72.7 %	60 ~ 68 % 注2)
	信号待ち時間	14.4 ~ 28.2 %	22 ~ 26 % 注2)
	バス停停車時間	10.2 ~ 16.5 %	10 ~ 14 % 注2)
バスレー ンの効果	バスの表定速度	4.3 ~ 45.5 % 増	17 ~ 32 % 増 注3)
	一般車の表定速度	1.5 ~ 17 % 減	15 % 減 注3)
バス優先 信号効果	バスの表定速度	15.8 ~ 64.2 % 増	17 ~ 42 % 増 注4)

注1) 西川, 板倉, 宇土氏らによる実測値。¹³⁾

注2) 第3章のバス運行実態調査による。

注3) 警視庁交通部調査による。¹⁴⁾

注4) 熊本県警察本部交通部調査による。¹⁵⁾

6・4 試算結果とその考察

6・4・1 バスレーン設置案の効果の比較考察

バスレーンを歩道側あるいは中央線側に設置する場合、バス・一般車の表定速度、信号待ちの停滯長に与える影響を試算し、比較考察する。

表 6. 4. 1 (1) 一般車交通量 330 台/時

バスの発車 間隔 (秒)	バスの有無 設置の有無 中央線側・歩道側設置の区別 バス停歩道側・安全地帯区別	平均到着人数					9.528 人/分 (乗降: 大)					2.784 人/分 (乗降: 小)				
		バスの表定速度 (km/時)					一般車の表定速度 (km/時)					バスの表定速度 (km/時)				
		平均					平均					平均				
		平	均	偏	差	差	平	均	偏	差	差	平	均	偏	差	差
60	バスレーンなし	15.01	1.23	35.85	5.23	43.0	16.68	0.93	37.04	4.62	42.8	16.68	0.93	37.04	4.62	42.8
	バスレーン歩道側	17.44	0.94	35.31	5.14	44.3	18.02	0.15	35.44	4.62	45.0	18.02	0.15	35.44	4.62	45.0
	バスレーン中央線側	16.77	2.07	34.94	5.07	146.5	17.09	2.23	34.25	5.64	156.5	17.09	2.23	34.25	5.64	156.5
	バス停: 歩道側	17.80	0.40	33.68	5.47	56.4	18.03	0.11	35.58	5.49	51.5	18.03	0.11	35.58	5.49	51.5
	バス停: 安全地帯	11.43	1.48	36.47	4.84	45.7	17.15	0.48	37.38	4.54	47.0	17.15	0.48	37.38	4.54	47.0
180	バスレーンなし	12.64	2.77	35.41	5.38	62.5	17.96	0.18	34.39	5.06	61.5	17.96	0.18	34.39	5.06	61.5
	バスレーン歩道側	12.44	2.48	35.20	4.94	172.5	17.68	2.54	35.16	5.57	149.4	17.68	2.54	35.16	5.57	149.4
	バス停: 中央線側	12.78	1.59	34.24	5.60	67.5	18.04	0.13	34.24	5.60	67.5	18.04	0.13	34.24	5.60	67.5
	バス停: 歩道側															
	バス停: 安全地帯															

表 6. 4. 1 (2) 一般車交通量 640 台/時

バスの発車 間隔 (秒)	バスの有無 設置の有無 中央線側・歩道側設置の区別 バス停歩道側安全地帯区別	平均到着人数					9.528 人/分 (乗降: 大)					2.784 人/分 (乗降: 小)				
		バスの表定速度 (km/時)					一般車の表定速度 (km/時)					バスの表定速度 (km/時)				
		平均					平均					平均				
		平	均	偏	差	差	平	均	偏	差	差	平	均	偏	差	差
60	バスレーンなし	14.94	1.35	32.57	4.91	102.6	16.34	1.24	33.58	4.78	86.7	16.34	1.24	33.58	4.78	86.7
	バスレーン歩道側	17.77	2.44	29.34	4.67	108.5	17.98	0.14	30.06	4.80	117.1	17.98	0.14	30.06	4.80	117.1
	バスレーン中央線側	16.65	1.29	31.63	5.13	168.5	17.19	1.27	30.71	4.85	172.5	17.19	1.27	30.71	4.85	172.5
	バス停: 歩道側	17.79	0.45	27.04	4.50	138.5	17.98	0.11	27.04	4.50	144.8	17.98	0.11	27.04	4.50	144.8
	バス停: 安全地帯	10.83	1.78	31.96	5.42	91.6	16.66	1.18	33.47	4.97	87.0	16.66	1.18	33.47	4.97	87.0
180	バスレーンなし	12.78	2.64	29.36	4.32	95.1	17.71	1.16	29.48	5.17	107.8	17.71	1.16	29.48	5.17	107.8
	バスレーン歩道側	12.72	1.48	31.07	5.98	175.4	16.72	2.54	29.82	5.53	152.5	16.72	2.54	29.82	5.53	152.5
	バス停: 中央線側	13.01	1.85	28.84	4.37	130.2	18.04	0.13	28.84	4.37	125.7	18.04	0.13	28.84	4.37	125.7
	バス停: 歩道側															
	バス停: 安全地帯															

表 6. 4. 1 (3) 一般車交通量 920 台/時

バスの発車 間隔 (秒)	バスレーン設置の有無 中央線側・歩道側設置の区別 バス停歩道側安全地帯の区別	平均到着人数			9.528 人/分 (乗降: 大)			平均到着人数			2.784 人/分 (乗降: 小)		
		バスの表定速度 (km/時)		信号待ちの 停滞長 (m)	一般車の表定速度 (km/時)		信号待ちの 停滞長 (m)	バスの表定速度 (km/時)		一般車の表定速度 (km/時)	信号待ちの 停滞長 (m)		
		平	差		平	差		平	差		平	差	
60	バスレーンなし	12.19	2.65		26.12	4.51	127.5	16.26	3.17	26.65	3.76	119.7	
	バスレーン歩道側	17.49	2.86		25.04	3.28	132.7	17.63	0.15	24.98	3.12	140.0	
	バスレーン中央線側	15.18	2.71		25.07	5.45	328.2	17.09	1.72	26.15	5.28	318.0	
	バスレーン中央線側 バス停: 歩道側	17.58	0.52		23.14	3.02	155.4	18.01	0.11	24.46	3.63	166.7	
	バスレーンなし バス停: 安全地帯	9.39	1.57		26.76	4.61	121.4	14.03	2.46	28.23	4.96	113.2	
180	バスレーン歩道側	11.71	1.94		24.03	3.06	141.5	17.46	1.84	24.29	3.49	144.0	
	バスレーン中央線側	11.91	1.89		26.02	5.36	311.4	15.72	3.48	26.54	5.27	321.7	
	バスレーン中央線側 バス停: 歩道側	12.32	1.72		24.58	2.98	145.7	17.99	0.13	23.71	3.38	148.7	
	バスレーン中央線側 バス停: 安全地帯												
	バス停: 安全地帯												

表 6. 4. 2 バスレーン設置による表定速度の変化

バスの発車 間隔 (秒)	1 分間当り到着人数 交通量 (台/時)	バスの表定速度の増加 (%)						一般車の表定速度の減少 (%)					
		9.528 (乗降大)		2.784 (乗降小)		9.528 (乗降大)		2.784 (乗降小)		9.528 (乗降大)		2.784 (乗降小)	
		330	640	920	330	640	920	330	640	920	330	640	920
60	バスレーン有無とバス停 歩道側・安全地帯の区別	16.2	18.9	41.8	8.0	10.0	8.4	1.5	9.9	4.1	4.3	10.5	6.3
	バスレーン歩道側	11.7	14.9	35.2	2.5	5.2	5.1	2.5	2.9	4.0	7.5	8.5	1.9
	バスレーン中央線側	18.6	22.8	56.5	8.1	10.0	10.8	6.1	17.0	11.4	3.9	19.5	8.2
	バス停: 歩道側	10.6	23.1	24.7	4.7	6.3	24.4	2.9	8.1	10.2	8.0	11.9	14.0
	バス停: 安全地帯	8.8	22.5	26.8	3.1	0.4	12.0	3.5	2.8	2.8	5.9	10.9	6.0
180	バスレーン中央線側	11.8	25.3	31.2	5.2	8.3	28.2	6.1	9.8	8.1	8.4	13.8	16.0
	バス停: 歩道側												
	バス停: 安全地帯												

表 6.3.4 のケース設定にもとづき、48 のケースそれぞれについて実験時間を 1 時間にとり、8 回の試算を行ないその平均を表 6.4.1 に示す。なお 1 分間あたりバス停到着人数が 9.528 人/分並びに 2.784 人/分を、以下では便宜上乗降大並びに乗降小と呼ぶこととする。

(1) 表定速度に与える影響

バスレーンがない場合のバス・一般車の表定速度に対するバスレーン設置案の各場合の増加・減少割合を表 6.4.2 に示す。

表 6.4.1 を用いて、交通量と表定速度の関係を図 6.4.1 に示す。

図 6.4.1 と表 6.4.2 から以下のことがわかる。

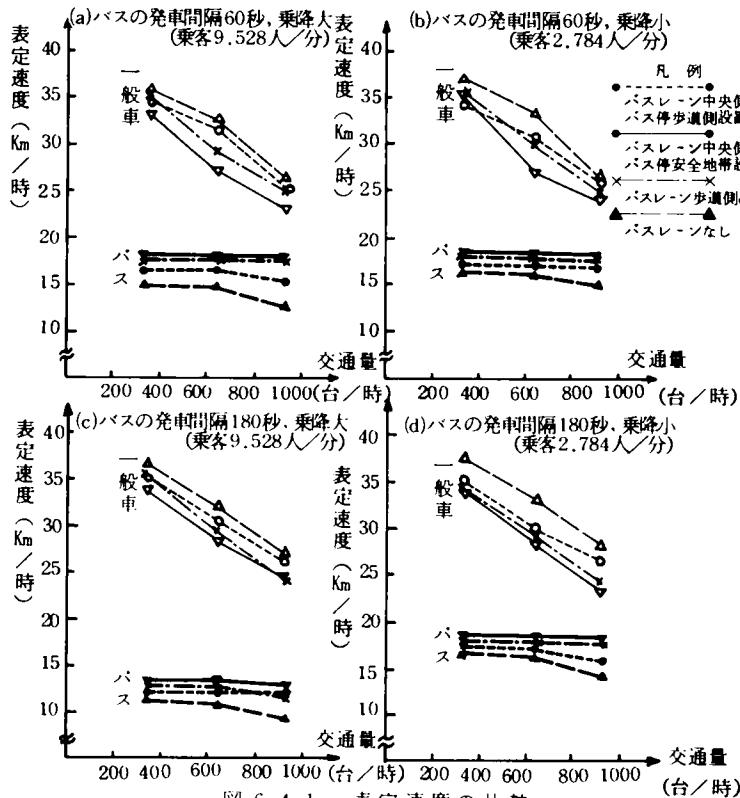


図 6.4.1 表定速度の比較

① バス発車間隔 60 秒で乗降大の場合、バスレーンを設置するとバスの表定速度の増加が最も大きい。一般車交通量が 330 台/時のとき 16.2%、920 台/時のとき 41.8% だけそれぞれ増加する。

② ①の場合と比較して効果がいさなは、バス発車間隔 60 秒で乗降小並びにバス発車間隔 180 秒で乗降小のときである。

③ バスレーンを設置する場合、中央線側・バス停歩道側設置案は、歩道側設置や中央線側・バス停安全地帯設置案よりも効果は劣る。

これは、バスが乗降サービスのために中央線側から歩道側へ車線変更するとき、あるいは歩道側から中央線側へ戻るときにバスと一般車の交錯が生じて遅れるからであると考えられる。この欠点を解消するには、バス停の手前に信号

を設置して交差点の信号と同調させ、バスが自由にバス停へ接近できるようにする必要があると考えられる。

④ バスレーンを中央線側、バス停を安全地帯に設置するのが、バスの表定速度を向上させる効果が最も大きい。ちなみに、バス発車間隔 60 秒で乗降大の場合、交通量が 330 台/時、640 台/時、920 台/時のとき、それぞれ 18.6%、22.8%、56.5% 表定速度が向上する。

⑤ ④の場合、一般車の表定速度の低下が最も大きくなる。一般車の表定速度の低下が小さいのは、バスレーン中央線側・バス停歩道側設置の場合である。

(2) 信号待ち停滞長に与える影響

表 6.4.1 の数値を用いて交通量別、バスレーン設置位置・バス停設置位置別に、バスの発車間隔 60 秒、180 秒、乗降の大・小について、4 つの場合の信号待ち停滞長の平均を計算し、図 6.4.2 に示す。バスレーンがない場合の停滞長を 100 とし、各場合の指数を表 6.4.3 に示す。

図 6.4.2 と表 6.4.3 からつぎのことがわかる。

① バスレーン歩道側設置の場合、停滞長の増加は 19.5% ~ 15.9% である。この場合、表 6.4.2 から一般車の表定速度は交通量 330 台/時のとき 1.5% ~ 8.0%、920 台/時のとき 4.1% ~ 14.0%、それぞれ減少し

表 6.4.3 信号待ちの停滞長とその増加指数

	停滞長の平均 (m)			停滞長の指数		
	330	640	920	330	640	920
バスレーン なし	44.6	92.0	120.5	100	100	100
バスレーン歩道側	53.3	107.1	139.6	119.5	116.4	115.9
バスレーン中央側 バス停：歩道側	156.2	167.2	319.8	350.0	181.7	265.4
バスレーン中央側 バス停：安全地帯	60.7	134.8	154.1	136.1	146.5	127.8

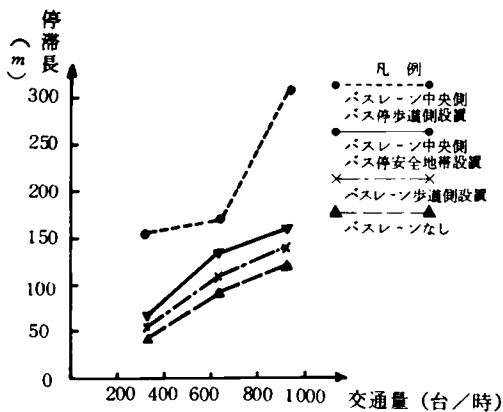


図 6.4.2 信号待ちの停滞長

ここに、バスの便益を重視するか、一般車の表定速度の低下・停滞長の増加による不便さを重視するかの問題が生じる。これについては次節 6.5 で考察する。

6.4.2 バスレーン設置並びにバス優先信号設置効果の比較考察

ここではバスレーンを設置する場合と、バスレーンとバス優先信号を併設する場合に、それぞれがバス・一般車の表定速度、バスの到着時間間隔の偏差、バスの乗客の平均待ち時間、信号待ち停滞長などに与える影響を試算し、効果を比較考察する。

表 6.3.5 のケース設定にもとづき、72 ケースそれぞれについて実験時間を 1 時間とし、8 回の試算を行ない、その平均値を表 6.4.4 から表 6.4.7 に示す。

まず表定速度に与える効果の違いについて考察する。

(1) 表定速度

表定速度と一般車交通量の関係は、信号周期 60 秒並びに 100 秒の場合、それぞれ図 6.4.3、図 6.4.4 のようである。

バスの表定速度をバスレーンがない場合と比較して、増加割合を表 6.4.8 に示す。

これらの図・表からつぎのことがわかる。

① バスレーンのみ設置する場合のバスの表定速度に与える効果

ている。

バスレーンを中央線側に設置するよりもバスレーンを歩道側に設置する方が、停滞長は短いため、上記の一般車の表定速度の低下を考慮しても、一般車に対する不便は比較的小さいといえる。

② バスレーン中央線側・バス停歩道側設置は、バスが中央線側から歩道側、あるいは歩道側から中央線側へ進路変更するため、停滞長が他の場合よりも大きくなっている。バスの表定速度があまり向上しないことも考慮すると、この設置方法はよい方策とはいえないと考えられる。

③ バスレーン中央線側・バス停安全地帯設置は上記②の場合に比較して、停滞長は長い方である。バスレーンがない場合に比較して、交通量 330 台/時、640 台/時、920 台/時のとき、それぞれ 36.1%、46.5%、27.8% 停滞長は増加する。しかし(1)で述べたように、バスの表定速度を増加させる効果は最も大きい。

表 6. 4. 4 試算結果 その 1

バスの発車間隔 60 秒, 乗客の 1 分間当りバス停到着人数 9.728 人/分 (乗降: 大)

信号の周期 (秒)	一般車の交 通量 (台/時)	バスレーン 優先信号設置	バスの表示速度 (km/時)			一般車の表示速度 (km/時)			信号待ち停滞長 (m)			バス停到着 時間間隔の 偏差(秒)			乗客の平均待ち時間 (秒)			乗客の待ち 時間の偏差
			平均			平均			平均			平均			平均			
			平	差	偏	平	差	偏	平	差	偏	平	差	偏	平	差	偏	
60	330	混 合 交 通	15.01	1.23	0.53	35.64	0.53	0.53	43.0	10.6	0.53	31.03	2.72	0.53	34.14	2.72	0.53	13.19
		バスレーン 設置	17.44	0.94	0.61	36.01	0.61	0.61	44.3	5.2	0.61	7.33	0.38	0.61	31.96	0.38	0.61	3.62
		バスレーン・優先信号設置	17.49	0.26	4.07	39.22	4.07	4.07	50.0	11.3	4.07	8.74	0.76	4.07	32.05	0.76	4.07	5.03
	640	混 合 交 通	14.94	0.17	0.79	32.08	0.79	0.79	102.6	14.7	0.79	35.37	3.38	0.79	38.66	3.38	0.79	12.72
		バスレーン 設置	17.77	0.22	0.83	29.54	0.83	0.83	108.5	14.8	0.83	11.33	0.77	0.83	32.30	0.77	0.83	5.63
		バスレーン・優先信号設置	17.96	0.25	2.07	31.65	2.07	2.07	105.7	15.6	2.07	9.68	0.41	2.07	31.88	0.41	2.07	4.13
90	920	混 合 交 通	12.19	0.82	0.86	25.84	0.86	0.86	127.1	20.5	0.86	42.73	3.64	0.86	38.98	3.64	0.86	17.63
		バスレーン 設置	17.49	0.31	0.60	24.71	0.60	0.60	132.7	9.1	0.60	14.18	0.89	0.60	32.41	0.89	0.60	5.05
		バスレーン・優先信号設置	17.33	0.42	0.98	27.56	0.98	0.98	149.3	9.7	0.98	17.88	0.43	0.98	32.44	0.43	0.98	7.08
	330	混 合 交 通	11.08	0.45	0.83	34.70	0.83	0.83	47.0	13.8	0.83	60.05	3.52	0.83	44.35	3.52	0.83	25.38
		バスレーン 設置	11.99	0.88	0.75	35.31	0.75	0.75	47.7	7.7	0.75	40.24	0.93	0.75	37.74	0.93	0.75	9.42
		バスレーン・優先信号設置	14.92	2.29	2.90	35.84	2.90	2.90	89.6	16.8	2.90	31.86	2.05	2.90	34.96	2.05	2.90	11.84
100	640	混 合 交 通	11.28	0.51	1.31	28.33	1.31	1.31	98.4	17.2	1.31	67.00	3.30	1.31	46.53	3.30	1.31	31.87
		バスレーン 設置	11.82	1.05	0.69	27.94	0.69	0.69	109.7	10.3	0.69	40.45	7.47	0.69	39.80	7.47	0.69	8.75
		バスレーン・優先信号設置	15.45	1.00	1.62	32.05	1.62	1.62	214.8	51.8	1.62	27.88	1.00	1.62	34.11	1.00	1.62	8.57
	920	混 合 交 通	10.41	0.87	0.37	25.27	0.37	0.37	133.6	11.8	0.37	70.96	5.47	0.37	45.23	5.47	0.37	30.43
		バスレーン 設置	11.29	1.35	0.35	24.48	0.35	0.35	145.2	12.4	0.35	37.08	1.40	0.35	38.22	1.40	0.35	9.38
		バスレーン・優先信号設置	15.09	0.75	2.17	27.62	2.17	2.17	286.2	50.9	2.17	34.63	1.43	2.17	35.41	1.43	2.17	11.80

表 6. 4. 5 試算結果 その 2

バスの発車間隔 60 秒, 乗客の 1 分間当りバス停到着人数 2,784 人/分 (乗降: 小)

信号の周期 (秒)	一般車の交 通量 (台/時)	バス レーン 優先信号設置 位置	バスの表定速度 (km/時)		一般車の表定速度 (km/時)		信号待ち停滯長 (m)		バス停到着 時間間隔の 偏差(秒)	乗客の平均待ち時間 (秒)		乗客の待ち 時間の偏差
			平 均	偏 差	平 均	偏 差	平 均	偏 差		平 均	偏 差	
60	330	混 合 交 通	16.88	0.99	37.01	0.66	42.8	4.4	29.42	38.82	3.47	11.51
		バスレーン設置	18.02	0.09	36.01	0.61	45.0	11.3	2.00	36.79	0.36	5.22
		バスレーン・優先信号設置	20.27	0.26	32.48	0.82	75.1	12.3	10.11	37.56	0.71	5.48
	640	混 合 交 通	16.34	1.38	32.24	0.36	86.7	12.5	29.41	37.57	4.42	12.81
		バスレーン設置	17.98	0.12	29.39	0.54	117.1	10.7	7.25	36.69	0.93	6.18
		バスレーン・優先信号設置	22.07	0.28	27.53	0.72	112.7	12.9	11.55	36.93	0.92	5.26
920	920	混 合 交 通	15.78	0.52	26.07	0.90	119.7	10.4	31.37	38.36	1.37	12.24
		バスレーン設置	17.86	0.52	24.42	0.69	140.0	12.4	11.47	36.66	2.85	8.15
		バスレーン・優先信号設置	21.88	0.55	24.73	1.89	149.6	9.1	14.47	36.48	0.95	8.29
	330	混 合 交 通	12.43	1.20	34.29	1.20	50.8	12.8	60.94	44.93	4.55	28.95
		バスレーン設置	14.91	0.22	35.47	1.17	54.7	13.5	35.99	42.41	1.73	19.22
		バスレーン・優先信号設置	19.31	1.10	37.46	1.72	90.4	40.3	26.83	39.03	0.62	6.06
100	640	混 合 交 通	12.38	0.49	28.56	0.68	98.4	17.2	65.11	46.72	3.81	32.81
		バスレーン設置	14.55	0.77	27.79	0.52	105.2	12.3	36.55	42.55	1.70	19.26
		バスレーン・優先信号設置	19.50	0.93	32.23	0.71	173.2	61.4	29.85	39.50	0.59	10.56
	920	混 合 交 通	11.23	0.98	23.93	1.89	133.6	11.8	64.92	53.48	6.56	29.29
		バスレーン設置	14.49	0.36	24.87	0.35	148.9	11.4	44.52	42.83	1.08	18.18
		バスレーン・優先信号設置	21.88	0.55	24.73	1.89	297.9	52.6	14.47	36.48	0.95	8.29

表 6. 4. 6 試算結果 その3

バスの発車間隔 180 秒, 乗客の 1 分間当りバス停到着人数 9.728 人/分 (乗降: 大)

信号の周期 (秒)	一般車の交 通量 (台/時)	バス レーン 優先信号設置	バスの表示速度 (km/時)			一般車の表示速度 (km/時)			信号待ち停滯長 (m)		バス停到着 時間間隔の 偏差(秒)	乗客の平均待ち時間 (秒)		乗客の待ち 時間の偏差
			平均	偏差	平均	偏差	平均	偏差	平均	偏差				
60	330	混 合	11.43	0.24	36.03	1.27	9.9	45.7	9.9	37.47	95.91	2.63	21.42	
		バスレーン設置	13.01	0.22	35.99	0.34	6.5	62.5	6.5	25.23	99.53	1.76	22.14	
		バスレーン・優先信号設置	13.33	0.38	42.40	2.99	12.3	55.1	12.3	13.63	98.78	1.28	15.23	
	640	混 合	10.83	0.17	31.69	0.23	8.3	91.6	8.3	50.80	97.54	3.54	22.03	
		バスレーン設置	12.90	0.39	29.72	0.74	6.5	95.1	6.5	27.97	99.19	2.03	20.31	
		バスレーン・優先信号設置	13.16	0.51	37.23	1.15	9.0	91.7	9.0	20.98	98.40	1.27	16.11	
90	920	混 合	9.53	0.25	27.31	0.03	8.8	121.2	8.8	69.25	102.71	4.48	31.56	
		バスレーン設置	12.69	0.29	24.50	0.31	11.0	141.5	11.0	37.56	98.87	3.24	23.79	
		バスレーン・優先信号設置	13.79	0.25	29.95	2.39	32.4	156.5	32.4	28.96	97.11	1.93	14.46	
	330	混 合	11.38	0.26	35.97	0.80	6.8	56.3	6.8	49.71	97.61	2.55	21.70	
		バスレーン設置	11.90	0.25	34.91	0.91	13.5	54.7	13.5	42.71	99.12	2.19	18.53	
		バスレーン・優先信号設置	12.50	0.31	34.89	1.08	16.2	88.5	16.2	35.76	98.40	2.28	16.10	
100	640	混 合	10.49	0.68	30.48	0.31	17.6	108.5	17.6	62.68	96.98	2.33	23.16	
		バスレーン設置	11.99	0.18	27.90	0.43	8.3	112.0	8.3	43.89	99.20	1.83	18.08	
		バスレーン・優先信号設置	12.35	0.32	28.97	2.33	32.8	180.8	32.8	38.59	99.29	2.97	16.72	
	920	混 合	9.63	1.11	25.98	0.13	5.4	142.6	5.4	61.74	97.39	4.71	29.35	
		バスレーン設置	11.61	0.32	24.23	0.24	4.3	145.7	4.3	55.66	98.82	1.03	21.83	
		バスレーン・優先信号設置	12.05	0.13	25.24	0.92	7.9	323.6	7.9	42.45	98.40	1.01	14.19	

表 6. 4. 7 試算結果 その 4

バスの発車間隔 180 秒, 乗客の 1 分間当りバス停到着人数 2.781 人/分 (乗降: 小)

信号の周期 (秒)	一般車の交 通量 (台/時)	バスレーン 優先信号設置	バスの表定速度 (km/時)			一般車の表定速度 (km/時)			信号待ち停滞長 (m)			バス停到着 時間間隔の 偏差 (秒)			乗客の平均待ち時間 (秒)			乗客の待ち 時間の偏差
			平	均	偏	平	均	偏	平	均	偏	平	均	偏	平	均	偏	
330	混	バスレーン・優先信号設置	17.15	0.18	0.57	36.78	0.57	7.5	47.0	7.5	28.83	101.0	2.04	14.35	330	混	バスレーン・優先信号設置	14.35
		バスレーン・優先信号設置	18.01	0.04	0.43	35.59	0.43	6.4	61.5	6.4	4.78	100.3	1.89	11.50				
		バスレーン・優先信号設置	19.75	0.37	2.65	34.55	2.65	16.4	80.9	16.4	7.27	100.4	2.00	11.64				
		バスレーン・優先信号設置	16.90	0.49	0.54	33.41	0.54	12.7	87.0	12.7	47.05	103.36	4.54	16.79				
60	混	バスレーン・優先信号設置	17.93	0.16	0.54	29.50	0.54	17.9	107.8	17.9	11.45	101.35	2.81	11.23	60	混	バスレーン・優先信号設置	11.23
		バスレーン・優先信号設置	20.89	1.12	4.17	32.24	4.17	26.0	83.7	26.0	15.57	99.65	2.40	13.00				
		バスレーン・優先信号設置	14.43	0.33	0.58	28.68	0.58	8.8	113.2	8.8	68.48	104.23	3.29	19.66				
		バスレーン・優先信号設置	17.63	0.42	0.34	24.25	0.34	7.4	144.0	7.4	19.58	101.17	2.51	11.97				
920	混	バスレーン・優先信号設置	19.79	0.97	1.30	24.81	1.30	33.9	161.9	33.9	15.10	100.76	2.23	12.41	920	混	バスレーン・優先信号設置	12.41
		バスレーン・優先信号設置	12.53	0.20	0.80	36.30	0.80	6.2	48.8	6.2	51.08	101.36	2.45	19.34				
		バスレーン・優先信号設置	13.55	0.31	0.62	35.02	0.62	21.7	61.2	21.7	42.35	100.37	2.34	16.06				
		バスレーン・優先信号設置	17.47	0.30	1.60	29.67	1.60	13.8	117.2	13.8	13.57	99.68	2.63	13.57				
100	混	バスレーン・優先信号設置	11.67	0.65	0.53	30.35	0.53	15.9	98.8	15.9	63.17	102.15	8.34	20.66	100	混	バスレーン・優先信号設置	20.66
		バスレーン・優先信号設置	13.64	0.35	0.48	27.84	0.48	16.8	116.8	16.8	41.87	101.53	2.67	19.23				
		バスレーン・優先信号設置	17.78	0.40	1.52	25.66	1.52	52.2	228.2	52.2	23.92	98.61	1.54	13.00				
		バスレーン・優先信号設置	11.81	0.37	0.34	26.57	0.34	16.3	133.8	16.3	72.09	104.36	2.27	25.94				
920	混	バスレーン・優先信号設置	12.82	0.24	0.21	24.49	0.21	16.7	148.7	16.7	40.21	102.77	2.10	17.92	920	混	バスレーン・優先信号設置	17.92
		バスレーン・優先信号設置	16.61	0.73	0.98	23.13	0.98	6.7	323.1	6.7	26.36	100.68	6.33	11.71				

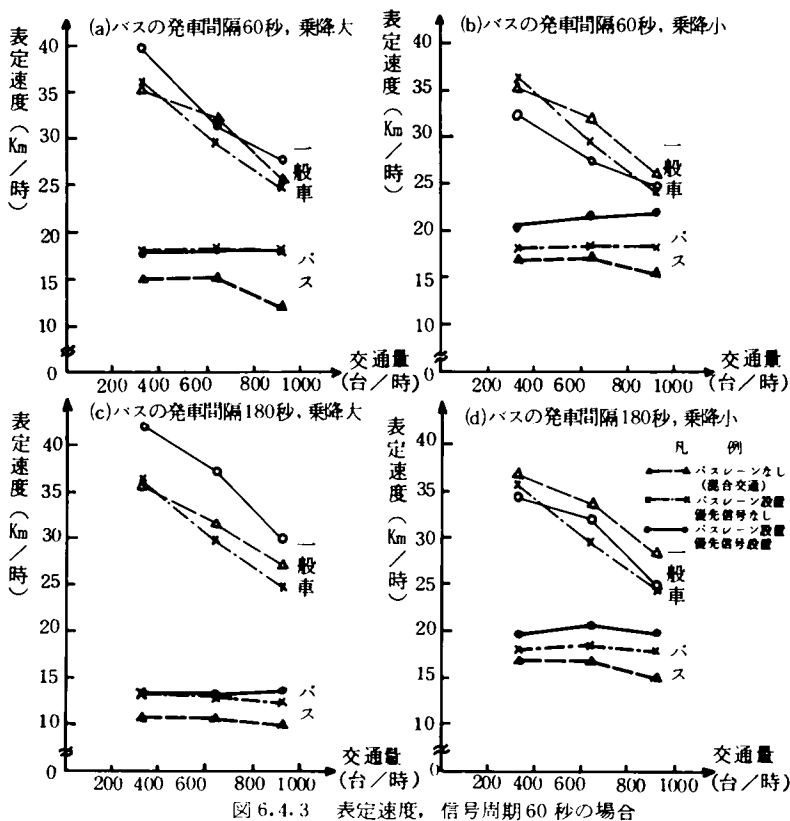


図 6.4.3 表定速度，信号周期 60 秒の場合

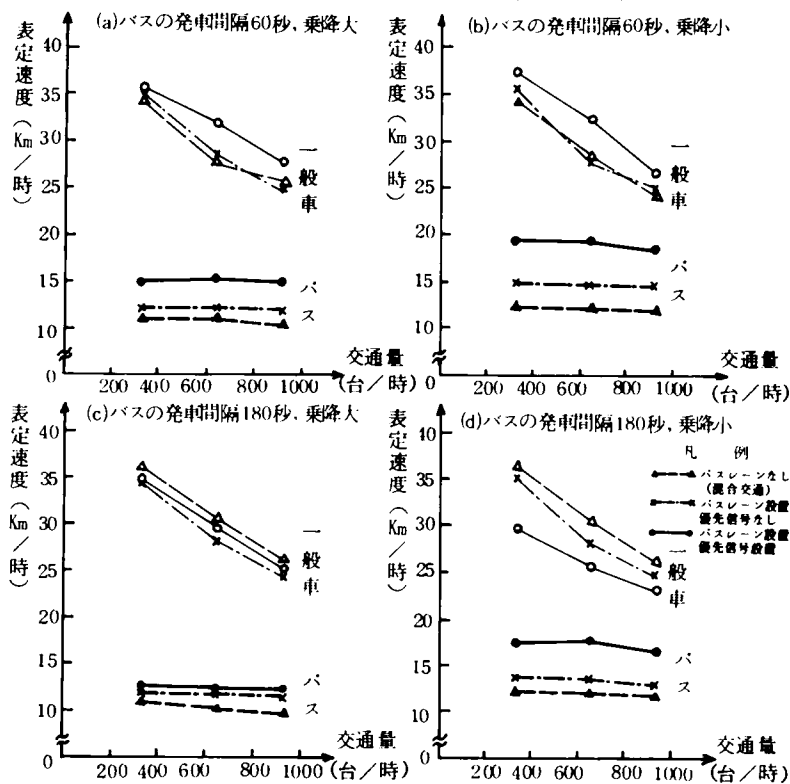


図 6.4.4 表定速度，信号周期 100 秒の場合

表 6.4.8 をもとにして信号周期別，バスレーンと優先信号設置別に，効果の大きい方から順に試算ケースを示すと表 6.4.9 のようである。

(i) バスレーン設置効果が大きいのは，信号周期 60 秒の場合，バス発車間隔 60 秒で乗降大のときである。同様に，信号周期 100 秒の場合，バス発車間隔 60 秒で乗降小のときである。（表 6.4.9 参照）

(ii) バス発車間隔 180 秒で乗降小の場合，他のケースに比較してバスレーンの設置効果が小さい。

(i) バスレーンと優先信号併設の場合，バスの表定速度増加の効果が大きいのはバス発車間隔 60 秒で乗降小のときである。この場合，表定速度は 55.3 % ～ 64.2 % 増加する。

(ii) バス発車間隔 180 秒で乗降大，信号周期 100 秒の場合，効果は比較的小さく 9.8 % ～ 25.1 % の増加である。この場合，バスレーンのみ設置に比較してバスの表定速度は 3 % ～ 5 % 増加する。

③一般車の表定速度はバスレーンのみ設置の場合，平均 7.6 % 減少する。

表 6. 4. 8 バスの表定速度の増加割合 (%)

	バスの発車 間隔 (秒)	1分間 当り到着 人数	信号周期 交通量			100 秒		
			330	640	920	330	640	920
バス レーン	60	9.528	19.3	18.9	45.5	8.2	4.8	8.5
		2.784	6.8	10.0	13.2	20.0	17.5	29.0
	180	9.528	13.8	19.1	33.2	4.6	14.3	20.6
		2.784	5.0	6.1	22.2	8.1	11.1	8.6
バス レーンと 優先 信号と	60	9.528	16.5	20.2	42.2	34.7	37.0	45.0
		2.784	20.1	35.1	38.7	55.3	57.5	64.2
	180	9.528	16.6	21.5	44.7	9.8	17.7	25.1
		2.784	15.2	23.5	37.1	39.4	44.8	40.6

しかし、バスレーンと優先信号併設の場合、バスの発車間隔並びに乗降の大小により、表定速度に与える影響は異なる。たとえばきのうである。

(表 6.4.10 参照)

表 6. 4. 9 バスの表定速度増加に対する効果の比較

	信号周期 (秒)	効果大		効果小	
		←	→	←	→
バスレーン	60	(60大)	(180大)	(60小)	(180小)
	100	(60小)	(180大)	(60大)	(180小)
バスレーンと バス優先信号	60	(60小)	(180大)	(60大)	(180小)
	100	(60小)	(180小)	(60大)	(180大)

注) ()内の数字：バスの発車間隔 (秒)
大：乗降の多いバス停
小：乗降の少ないバス停

(i) 信号周期 60 秒の場合、乗降大のとき一般車の表定速度は平均 10.5 % 増加し、逆に乗降小のときは平均 9.3 % 減少する。

(ii) 信号周期 100 秒の場合、バス発車間隔 60 秒のとき、一般車の表定速度は平均 8.5 % 増加し、バス発車間隔 180 秒のとき平均 12.1 % 減少する。

上記(i)(ii)が起こるのは、バスの乗降人数や発車間隔の違いがバスの

優先信号感知機に到着する時刻に影響し、信号周期と感知機到着時刻の関係から、一般車にも通過しやすい信号状態あるいは通過しにくい状態が生じるためと考えられる。

④(i)バス優先信号設置は、信号周期 60 秒でバス発車間隔 60 秒・180 秒のいずれの場合も、乗降大のとき効果が

表 6. 4. 10 バス優先信号設置の場合、一般車の表定速度の増減割合 (%)

バスの発車 間隔 (秒)	一般車交通 量 (台/時)	信号周期 60 秒		信号周期 100 秒		
		乗降大	乗降小	乗降大	乗降小	平均
60	330	10.0	-12.2	3.3	9.2	8.5
	640	-1.3	-14.6	13.1	12.9	
	920	6.7	-5.1	9.3	3.3	
180	330	17.7	-6.1	-3.0	-18.3	-12.1
	640	4.5	-4.5	-20.0	-15.5	
	920	9.7	-13.5	-2.8	-13.0	
	平均	10.5	-9.3			

小さい。上記③の(i)を考慮すると、この場合は優先信号は設置せず、バスレーンのみ設置の方がよいといえる。

(ii) 信号周期 100 秒では、バス発車間隔 180 秒の乗降大を除けば、バス優先信号設置はバスレーンのみ設置よりも効果が大きい。

上記③の(ii)を考慮すると、バス発車間隔 60 秒の場合にバス優先信号の設置を実施するのがよいといえる。

バス発車間隔 180 秒で乗降大の場合は、一般車の速度低下並びにバスの表定速度の増加のどちらを重視するかを決定した上で、バス優先信号を実施するかどうかを決める必要があると考えられる。これについては次節 6.5 で考察する。

(2) バス停到着時間間隔の偏差

バス停到着時間間隔の偏差と一般車交通量の関係は図 6.4.5、図 6.4.6 のようである。

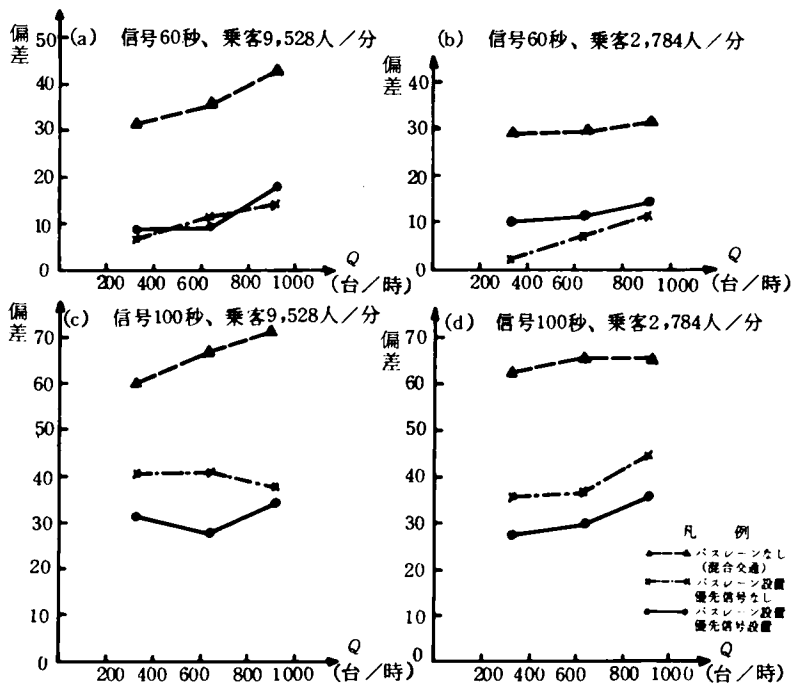


図 6.4.5 バス停到着時間間隔の偏差：バスの発車間隔 60 秒の場合

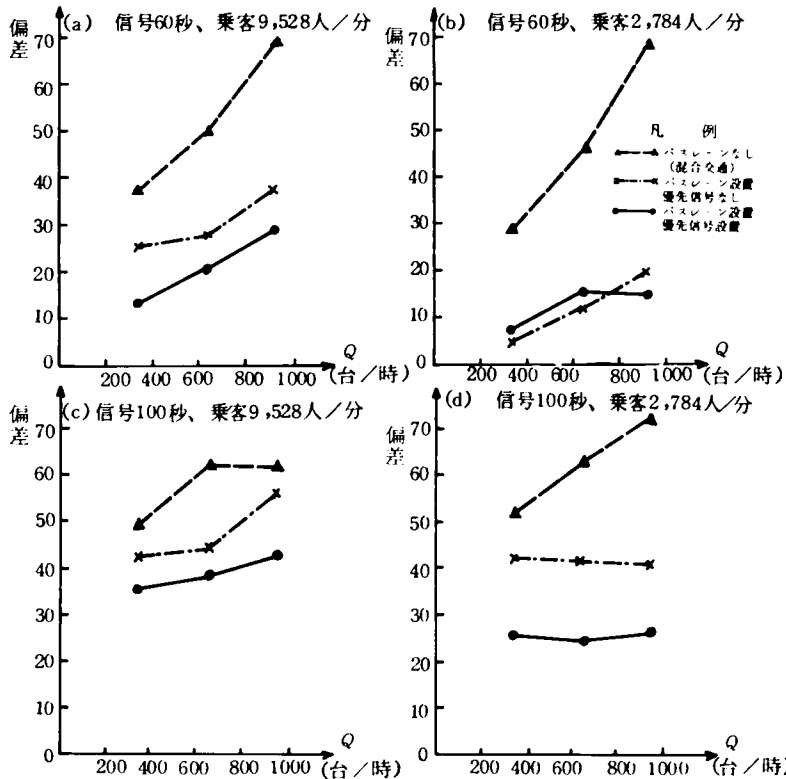


図 6.4.6 バス停到着時間間隔の偏差：バスの発車間隔 180 秒の場合

小にかかわらずバスレーンのみ設置のときよりも効果は小さい。従ってこの場合は、バスの表定速度の効果で述べたのと同様にバス優先信号を設置しないで、バスレーンのみで十分効果があるといえる。

(ii) 信号周期が 100 秒のときは、乗降大でも乗降小でもバス停到着時間間隔の偏差は減少する。効果が小さ

偏差の減少割合を表 6.4.11 に示す。これらの図・表からつぎのことがわかる。

①バスレーンを設置しない場合に比較して、バスレーン設置並びにバスレーンと優先信号併設のいずれの場合も、到着時間間隔の偏差は減少する。

②バスレーン設置の効果

(i) バスレーンを設置する場合、表 6.4.12 に示されるようにバス発車間隔 60 秒で乗降小のときに効果が大きく、バス発車間隔 180 秒で乗降大のとき効果は小さい。ちなみに信号周期が 60 秒のとき、前者では平均 70 %、後者では平均 41 % の減少である。

(ii) 信号周期に関して、60 秒の方が 100 秒のときよりも短縮効果は大きい。たとえばバス発車間隔 60 秒で乗降大の場合、信号周期 60 秒で平均 70 %、信号周期 100 秒では平均 37 % の減少である。

③バスレーン・優先信号併設の効果

(i) 信号周期が 60 秒でバス発車間隔 60 秒の場合、乗降の大・

表 6. 4. 11 バス停到着時間間隔の偏差の減少(%)

	バスの発車 間隔(秒)	信号周期 1分 間当り 到着人数	60 秒			100 秒		
			330	640	920	330	640	920
バスレーン	60	9.528	76.4	68.0	66.8	23.0	39.6	47.7
		2.784	93.2	75.3	63.4	40.9	43.9	31.4
	180	9.528	32.7	44.9	45.8	14.1	30.0	9.8
		2.784	83.4	75.7	71.4	17.1	33.7	44.2
バスレーンと バス優先信号と	660	9.528	71.8	72.6	58.2	36.9	58.4	51.2
		2.784	65.7	60.7	53.9	56.0	54.2	77.7
	180	9.528	63.6	58.7	58.2	28.1	38.4	31.2
		2.784	74.8	66.9	77.9	73.4	62.1	63.4

表 6. 4. 12 バス停到着時間間隔の短縮効果の比較

	信号周期 (秒)	効果大 ←		→ 効果小	
		(60小)	(180小)	(60大)	(180大)
バスレーン	60	(60小)	(180小)	(60大)	(180大)
	100	(60小)	(60大)	(180小)	(180大)
バスレーンと バス優先信号	60	(180小)	(60大)	(60小)	(180大)
	100	(180小)	(60小)	(60大)	(180大)

注) ()内の数字: バスの発車間隔(秒)

大: 乗降の多いバス停

小: 乗降の少ないバス停

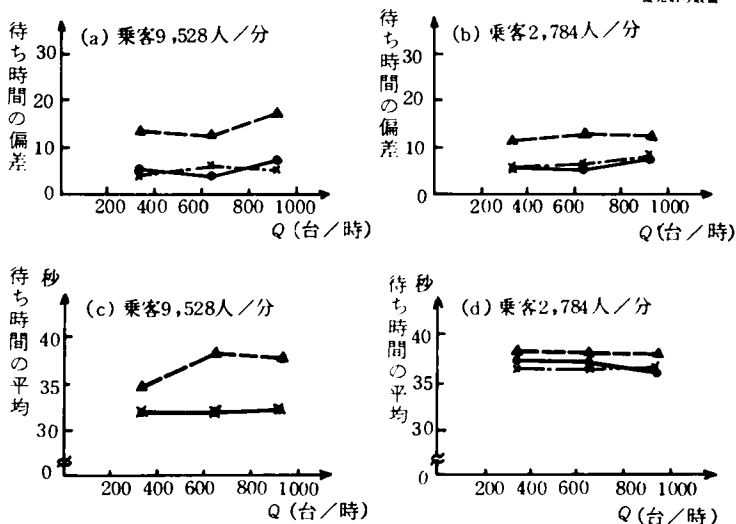


図 6.4.7 待ち時間の平均と偏差: バス発車間隔 60 秒, 信号周期 60 秒の場合

効果は変わらない。すなわちこのときは、バスレーン設置のみで十分であるといえる。

②待ち時間の偏差

乗客の待ち時間の平均は、バスレーンや優先信号設置によって減少することはわかったが、実際に乗客が不便に感じるのは前記(2)のバス停到着時間間隔の偏差の大小、すなわちバスの乱れの大小である。バスの乱れの減少と同様に、バスの乗客の待ち時間の偏差の減少も重要と考えられる。

いバス発車間隔 180 秒で乗降大の場合でも 28.1% ~ 31.1% 減少する。
 (ii) 最も効果が大きいのは、表 6.4.12 に示されるようにバス発車間隔 180 秒で乗降小の場合

である。一方効果が小さいのは、同じ発車間隔で乗降大のときである。

(3) バス乗客の待ち時間の平均と偏差

バスの乗客の待ち時間とその偏差は図 6.4.7 から図 6.4.10 のようである。

これらの図からつぎのことがいえる。

①待ち時間の平均

(i) バス発車間隔 180 秒で乗降大を除けば、バスレーン設置あるいは優先信号を併設して設置すれば、待ち時間は短縮される。

(ii) 短縮効果が最も大きいのは、信号周期 100 秒、バス発車間隔 60 秒の場合であり平均 23.2% 減少する。

(iii) 信号周期 60 秒の場合、バス発車間隔 60 秒で乗降大のときは、バス優先信号を併設してもバスレーンのみ設置のときと

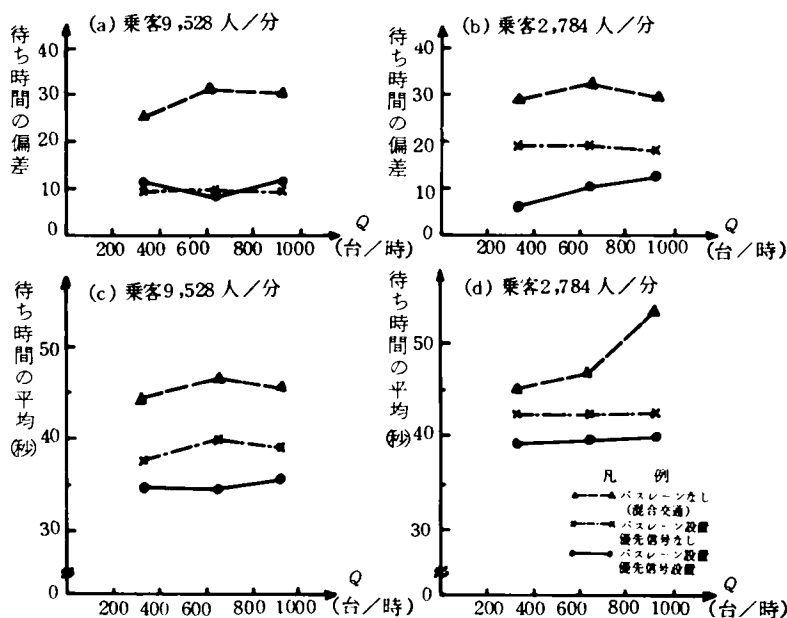


図 6.4.8 待ち時間の平均と偏差：バス発車間隔 60 秒、信号周期 100 秒の場合

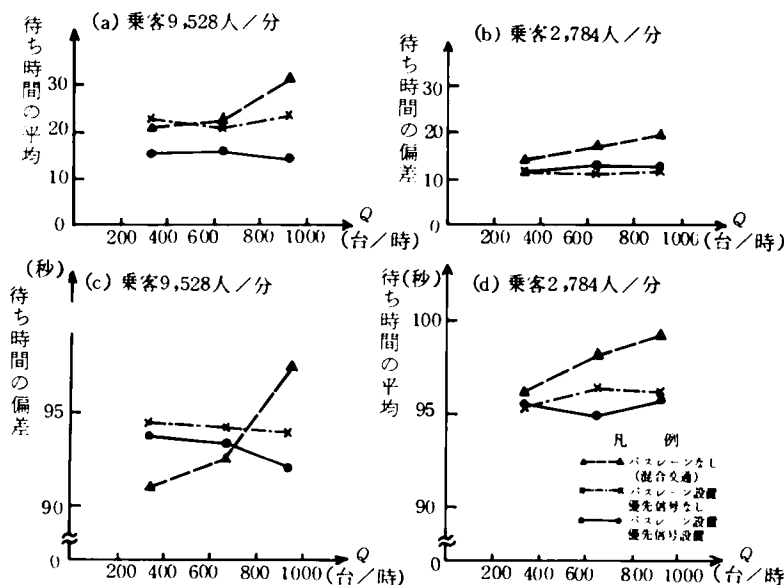


図 6.4.9 待ち時間の平均と偏差：バス発車間隔 180 秒、信号周期 60 秒の場合

① 信号周期 60 秒の場合、バスレーン・優先信号がない場合に比較して、バスレーンのみ設置で平均 17 %、バスレーン・優先信号併設で平均 33 %、それぞれ停滞長は増加する。

② 信号周期 100 秒の場合、同様にバスレーンのみ設置で平均 8.1 %、バスレーン・優先信号併設で平均 10.4 %、それぞれ停滞長は増加する。

③ (i) 信号 60 秒の場合、バスレーン並びに優先信号を設置しても停滞長は 17 %～33 %の増加であり、一般車の影響は信号周期 100 秒ほど大きくない。停滞長が長いほど一般車の排出ガスは大きくなると考えられるので、短い方が望ましい。排気ガスを考慮すると、信号周期 60 秒の方に設けるのがよいといえる。

(ii) なお(i)の一般車の表定速度を考慮すれば信号周期 60 秒・乗降大の区間に設置する方がよいといえる。

バスレーンを設置しない場合に対するバスレーンのみ設置並びにバスレーン・優先信号併設、それぞれの待ち時間の偏差の減少割合は表 6.4.13 のようである。待ち時間の偏差の減少効果の大小を、バスレーン・優先信号別、信号周期別に表 6.4.14 に示す。

(i) バスレーンのみ設置する場合、バス発車間隔 60 秒・乗降大の区間に設置するのが最も効果が大きく、平均 67 %減少する。

(ii) (i)の場合、バス優先信号を併設しても、バスレーンのみの場合と比較して効果は変わらない。つまり、この場合はバスレーンのみで十分であることが①の待ち時間の平均と同様にいえる。

(iii) バス優先信号を設置する場合、(ii)を考慮して信号周期 100 秒、バス発車間隔 60 秒・乗降小の区間に設置するのが効果が大きく、平均 72.9 %の減少である。

(4) 信号待ちの停滞長

バスの発車間隔別・信号周期別の信号待ち停滞長は図 6.4.11 のようである。

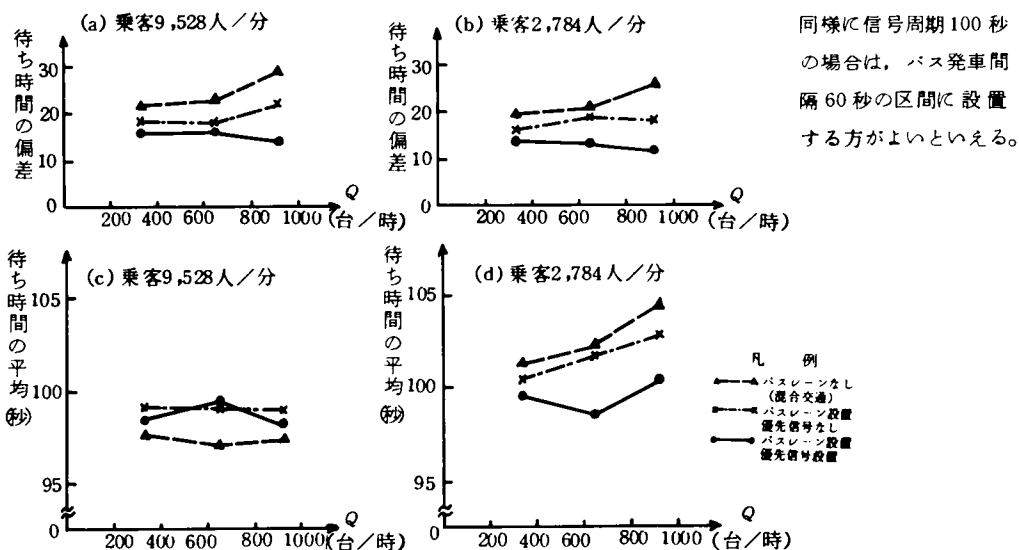


図 6.4.10 待ち時間の平均と偏差：バス発車間隔 180 秒，信号 100 秒の場合

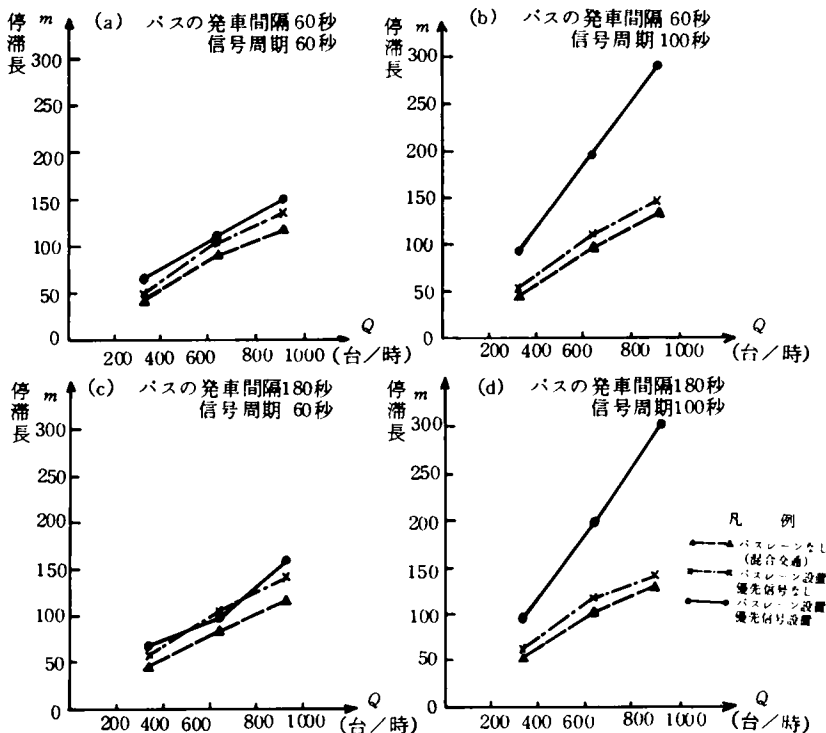


図 6.4.11 信号待ちの停滞長

表 6.4.13 待ち時間の偏差の減少(%)

	バスの発車 間隔(秒)	1分 間当り 到着人数	信号周期 交通量			60 秒			100 秒		
			330	640	920	330	640	920	330	640	920
バスレーン	60	9.528	72.6	55.7	71.4	62.9	72.5	69.2			
		2.784	54.6	51.8	33.4	33.6	41.3	37.9			
	180	9.528	3.4	7.8	24.6	14.6	21.9	25.6			
		2.784	19.9	33.1	39.1	17.0	6.9	30.9			
バスレーンと バス優先信号	60	9.528	61.9	67.5	59.8	53.3	73.1	61.2			
		2.784	52.4	58.9	32.3	79.1	67.8	71.7			
	180	9.528	28.9	26.9	54.2	25.8	27.8	51.7			
		2.784	18.9	22.6	36.9	29.8	37.1	54.9			

表 6.4.14 待ち時間の偏差の減少効果

	信号周期 (秒)	効果大 ← 効果小 →			
		(60大)	(60小)	(180小)	(180大)
バスレーン	60	(60大)	(60小)	(180小)	(180大)
	100	(60大)	(60小)	(180大)	(180小)
バスレーンと バス優先信号	60	(60大)	(60小)	(180小)	(180小)
	100	(60小)	(60大)	(180小)	(180大)

注) ()内の数字：バスの発車間隔(秒)

大：乗降の多いバス停

小：乗降の少ないバス停

6.5 道路区間におけるバスレーン設置案の優先順位に関する考察

ここでは、2.3.2 で述べた道路区間の優先順位決定法を用いて、道路区間におけるバスレーン設置案の優先順位について考察する。

まず 6.5.1 では、バスレーンを歩道側設置、バスレーン中央線側でバス停を歩道側設置、バスレーン中央線側でバス停を安全地帯設置の 3 種の設置案について、バスレーンを設置しない場合に比較して、それぞれのバスの表定速度の増加を便益度、一般車の表定速度の低下を損失度とし、設置案の優先順位を比較考察する。

つぎに 6.5.2 では、バスレーン・バス優先信号を設置しない場合に比較して、バスレーン設置ならびにバスレーン・バス優先信号併設の場合、それぞれのバスの表定速度の増加を便益度、一般車の信号待ち停滞長の増加を損失度とし、道路区間の優先順位について比較考察する。

6.5.1 バスレーン設置案の優先順位

ここではバスの発車間隔別、乗降の大小別に、バスレーンを歩道側に設ける場合、中央線側に設ける場合の優先順位について比較考察する。

表 6.4.2 の数値を用いて、バスの表定速度の便益度、一般車の損失度を計算すると、表 6.5.1 並びに図 6.5.1 のようである。

これらの図表を用いて、以下にバスレーン設置案並びに設置区間の優先順位について述べる。

便益度を P_i 、損失度を M_i 、便益度に対する損失度の代替率を α とし、次式 S_i が最小になる区間、バスレーン設置案から優先的に設置を行なうこととする。なお以下では仮に $\alpha = 1$ として考察する。

(1) 設置区間の優先順位

図 6.5.1 をみると、一般車交通量 920 台/時の場合、バス発車間隔 60 秒・乗降大の区間に優先的にバスレーンを歩道側に設置すればよいことがわかる。以下優先順位は表 6.5.2 のようである。

表 6.5.1 バスレーン設置による便益度，損失度の数値

バスの発車 間隔 (秒)	バスレーンの 有無とバス停 歩道側，安全地帯の区別	1分間当り到着人数 交通量(台時)				バスの表定速度の便益度						一般車の表定速度の損失度					
						9.528			2.784			9.528			2.784		
		330	640	920		330	640	920	330	640	920	330	640	920	330	640	920
60	バスレーン歩道側	0.29	0.33	0.74		0.14	0.18	0.15	0.08	0.51	0.21	0.22	0.54	0.32			
	バスレーン中央線側 バス停歩道側	0.21	0.26	0.62		0.04	0.09	0.09	0.13	0.15	0.21	0.38	0.44	0.10			
	バスレーン中央線側 バス停安全地帯	0.33	0.40	1.0		0.14	0.18	0.19	0.06	0.87	0.58	0.20	1.0	0.42			
180	バスレーン歩道側	0.19	0.41	0.44		0.08	0.11	0.43	0.15	0.42	0.52	0.41	0.61	0.72			
	バスレーン中央線側 バス停歩道側	0.16	0.40	0.47		0.05	0.01	0.21	0.18	0.14	0.14	0.30	0.56	0.31			
	バスレーン中央線側 バス停安全地帯	0.21	0.45	0.55		0.09	0.15	0.50	0.42	0.51	0.42	0.43	0.71	0.82			

表 6.5.2 区間特性の優先順位

	1	2	3	4
バスレーン歩道側	60 大	180 小	180 大	60 小
バスレーン中央側 バス停歩道側	60 大	180 大	60 小	180 小
バスレーン中央側 バス停安全地帯	60 大	180 大	180 小	60 小

注) 数字：バスの発車間隔 (秒)

大：乗降の多いバス停

小：乗降の少ないバス停

①バス発車間隔 180 秒，乗降大は第 2 位である。

②バス発車間隔 60 秒，乗降小は最下位である。

(2) バスレーン設置案の優先順位

バス発車間隔，乗降の大小別のバスレーン設置案の優先順位は表 6.5.3 のようである。

以下に第 1 位優先順位のバスレーン設置案について述べる。

①バス発車間隔 60 秒，乗降大では歩道側設置である。

②①以外はすべてバスレーン中央線側，バス停歩道側設置である。

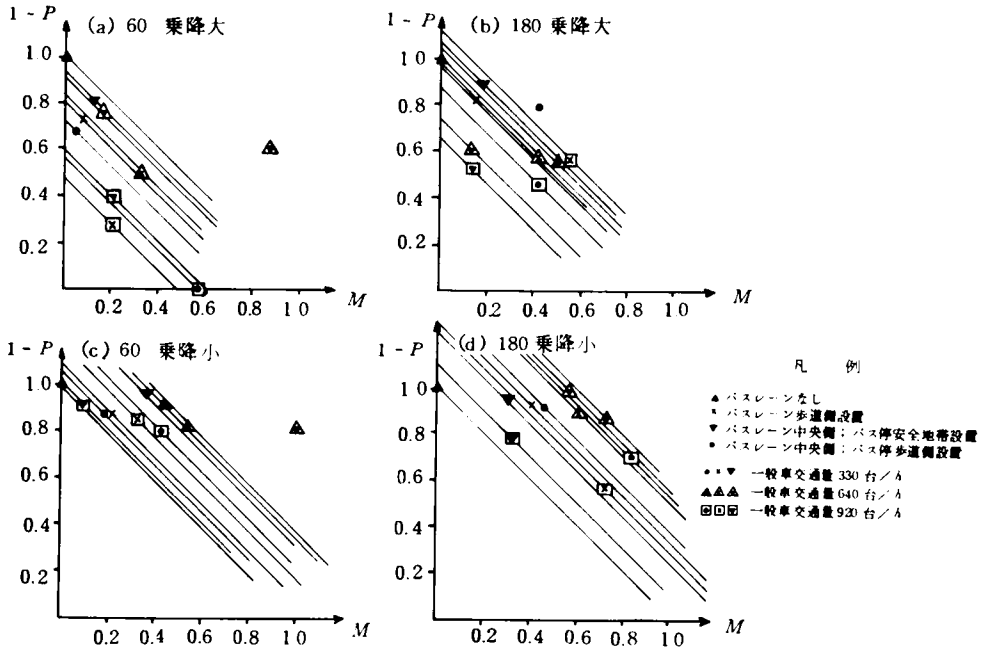


図 6.5.1 バスレーン設置案の評価

なお代替率 α が変われば、以上に述べた優先順位は当然変化する。 α は都市計画・交通計画によって定められると考えられるが、もし α が定められるならば、バスレーン設置案の優先順位を決定できるものと考えられる。

表 6.5.3 バスレーン設置案の優先順位

発車 間隔	乗客数	順位	1	2	3	4	5	6	7	8	9
60	乗降大		920 歩	920 中・安	920 中・歩	330 中・安	330 歩	640 歩	640 中・歩	330 中・安	640 中・安
60	乗降小		920 中・歩	330 中・安	330 歩	900 中・歩	900 中・安	330 中・歩	640 中・歩	640 歩	640 中・安
180	乗降大		920 中・歩	640 中・歩	900 中・歩	330 歩	640 歩	330 中・歩	640 中・安	920 歩	330 中・安
180	乗降小		920 中・歩	330 中・歩	920 中・歩	920 中・安	330 歩	330 中・安	640 歩	640 中・歩	640 中・安

注) 上段 数字：一般車交通量(台/h)

下段 歩：バスレーン歩道側、バス停歩道側設置

中・歩：バスレーン中央側、バス停歩道側設置

中・安：バスレーン中央側、バス停安全地帯設置

6・5・2 道路区間のバスレーン、優先信号設置の優先順位と評価

ここでは、バスレーン並びにバスレーン・優先信号をどのような道路区間から優先的に設置すればよいかについて考察する。

(1) バスレーンの設置

まず表 6.5.4 に示されるように、バスの発車間隔、乗降の大小、一般車交通量、信号周期別に a から x まで 24 種の記号をつけることとする。

表 6.5.4 区間特性の記号による区別

バスの発車 間隔（秒）	乗客	信号周期		60 秒			100 秒		
		交通量(台/時)		330	640	920	330	640	920
60	乗	降	大	a	b	c	d	e	f
	乗	降	小	g	h	i	j	k	l
180	乗	降	大	m	n	o	p	q	r
	乗	降	小	s	t	u	v	w	x

24 のケースについて、バスの表定速度の場合表 6.4.8、バスの到着時間間隔では表 6.4.11、乗客の待ち時間では表 6.4.13 を用いて、それぞれの表中の最大値を 1.0 として便益度を計算し、表 6.5.5 に示す。一般車の損失度として、信号待ちの停滞長の増加を用いる。便益度と同様に最大値を 1.0 として損失度を計算し、表 6.5.5 に示す。

表 6.5.5 では、上記 24 ケースの便益度と損失度の関係は図 6.5.2 から図 6.5.4 のようである。

便益度を P 、損失度を M 、便益度に対する損失度の代替率を α とし、次式の S が小さいケースから優先的にバスレーン・優先信号を設置する。

$$S = 1 - P + \alpha \cdot M \quad (6.5.1)$$

$\alpha = 1$ 並びに $\alpha = 0.1$ の場合、24 の区間の優先順位は、上位 12 番目までを列挙すると表 6.5.6 のようである。

表 6.5.6 からつぎのことがわかる。

- ① バスの表定速度を向上させるためには、一般車交通量 920 台/時、信号周期 60 秒、バス発車間隔 60 秒、乗降大の区間 c に優先的にバスレーンを設置すれば最も効果的である。
- ② バス停到着時間間隔の偏差を減少させるためには、一般車交通量 330 台/時、信号周期 60 秒、バス発車間隔 60 秒、乗降小の区間 g に優先的にバスレーンを設置すればよい。
- ③ 乗客の待ち時間を減少させるためには、一般車交通量 330 台/時、信号周期 60 秒、バス発車間隔 60 秒、

表 6.5.5 バスレーン設置の場合の便益度と損失度

区間特性	便 益 度 P			損 失 度 M
	バスの表定速度	バス停到着間隔の偏差	乗客の待ち時間	信号待ち停滞長
a	0.35	0.80	1.0	0.30
b	0.34	0.70	0.78	0.77
c	1.0	0.68	0.92	0.93
d	0.08	0.16	0.87	0.35
e	0.005	0.36	0.99	0.73
f	0.090	0.45	0.96	0.90
g	0.04	1.0	0.76	0.30
h	0.12	0.78	0.73	0.77
i	0.20	0.64	0.48	0.93
j	0.37	0.37	0.49	0.35
k	0.31	0.41	0.59	0.73
l	0.59	0.26	0.54	0.90
m	0.22	0.27	0.0	0.42
n	0.35	0.42	0.15	0.69
o	0.70	0.43	0.37	0.97
p	0.0	0.05	0.24	0.39
q	0.24	0.24	0.33	0.78
r	0.39	0.0	0.38	1.0
s	0.01	0.88	0.31	0.42
t	0.03	0.79	0.48	0.69
u	0.42	0.74	0.56	0.97
v	0.09	0.09	0.27	0.39
w	0.16	0.29	0.14	0.78
x	0.10	0.41	0.45	1.0

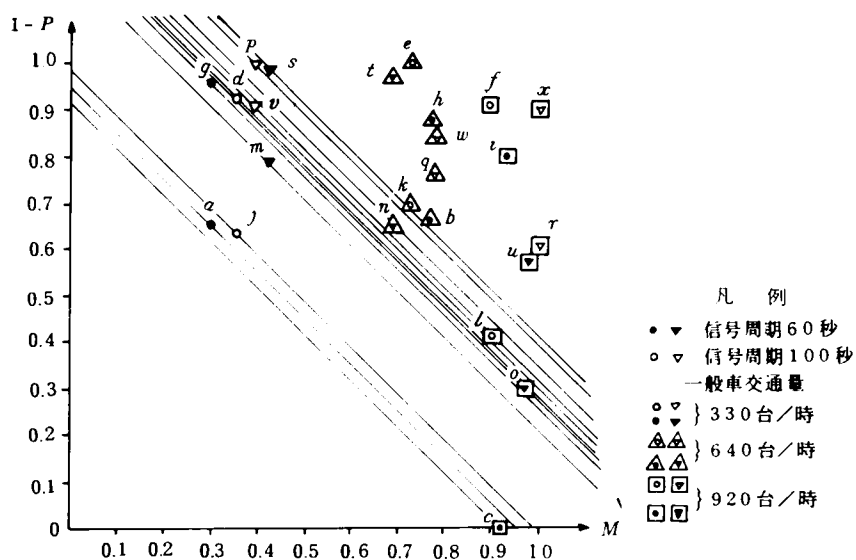


図 6.5.2 バスレーン設置の場合、バスの表定速度の評価

乗降大の区間 a にバスレーンを優先的に設置すればよい。

α が変化すれば、表 6.5.6 に示されるように優先順位が変わる。もし α が都市計画・交通計画によって定められるなら、図 6.5.2 から図 6.5.4 を用いてバスレーンを設置する区間の優先順位を決定できると考えられる。

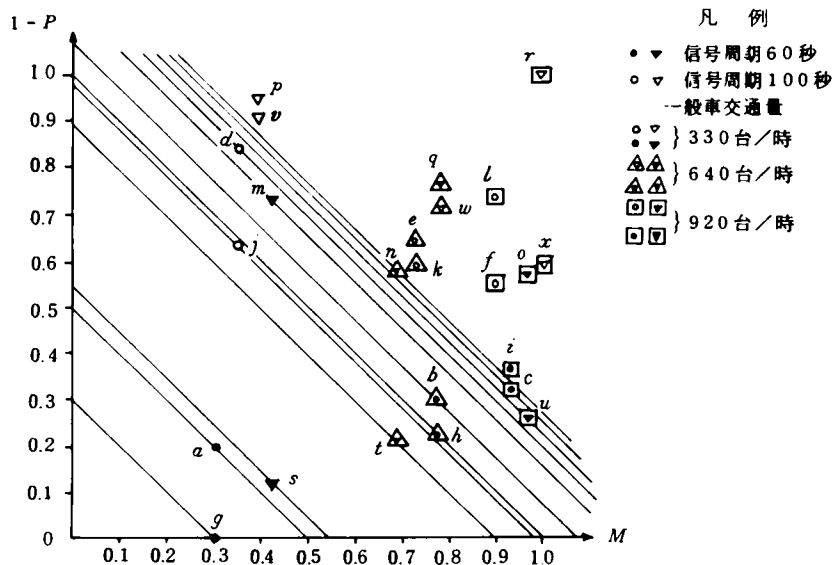


図 6.5.3 バスレーン設置の場合、バス停到着時間間隔の偏差の評価

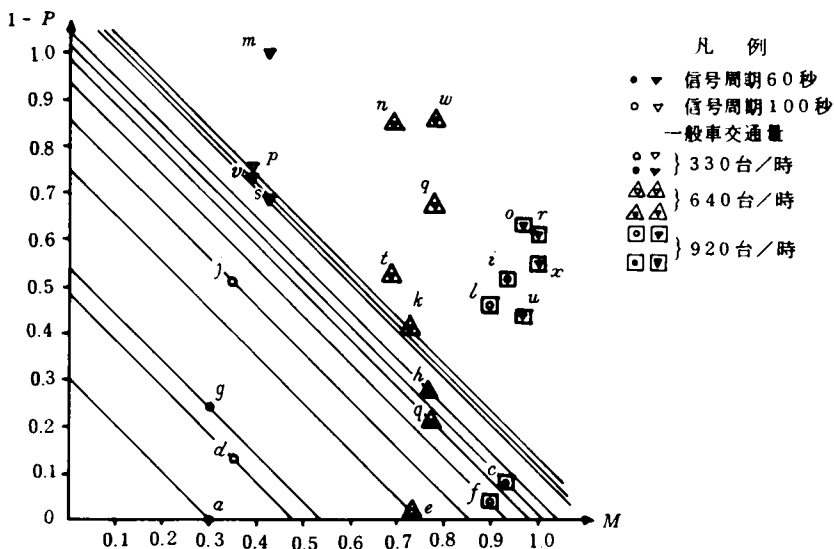


図 6.5.4 バスレーン設置の場合、乗客の待ち時間の評価

2) バスレーン・優先信号の併設

(1)と同様 24 の区間について、便益度と損失度を計算し表 6・5・7 に示す。また便益度と損失度の関係を図 6・5・5 から図 6・5・7 に示す。

便益度に対する損失度の代替率 α が 1 並びに 0.1 の場合、24 のケースの優先順位の上位 12 番目までを示すと表 6・5・8 のようである。

表 6・5・8 からつぎのことがいえる。

(1)バスの法定速度を向上させるためには、信号周期 100 秒、バス発車間隔 60 秒、乗降車の区間にバスレーン・優先信号を優先的に設置すればよい。この場合、一般車の不便度を軽視すれば一般車交通量の多い区間に、重視すれば一般車交通量の少ない区間に、それぞれ設置するのが効果的である。

表 6.5.6 バスレーン設置優先順位

順位	バスの表定速度		バス停到着時間間隔偏差		乗客の待ち時間	
	$\alpha=1.0$	$\alpha=0.1$	$\alpha=1.0$	$\alpha=0.1$	$\alpha=1.0$	$\alpha=0.1$
1	c	c	g	g	a	a
2	a	o	a	s	d	e
3	j	l	s	a	g	f
4	m	j	t	t	e	d
5	g	a	j	h	j	c
6	d	u	h	b	f	g
7	o	n	b	u	b	b
8	v	r	m	c	c	h
9	l	b	d	i	h	k
10	n	k	u	f	s	u
11	p	m	c	n	v	j
12	s	q	n	j	k	l

表 6.5.7 バスレーン・優先信号併設の場合の便益度と損失度

区間特性	便 益 度 P			損 失 度 M	
	バスの表定速度	バス停到着時間間隔の偏差	乗客の待ち時間	信号待ち停滞長	
a	0.12	0.88	0.71	0.19	
b	0.19	0.89	0.81	0.34	
c	0.60	0.60	0.68	0.46	
d	0.46	0.18	0.57	0.28	
e	0.50	0.61	0.90	0.60	
f	0.65	0.46	0.70	0.90	
g	0.19	0.75	0.56	0.19	
h	0.47	0.65	0.66	0.34	
i	0.53	0.52	0.22	0.46	
j	0.84	0.56	1.0	0.28	
k	0.88	0.52	0.81	0.60	
l	1.0	0.99	0.88	0.90	
m	0.12	0.71	0.17	0.21	
n	0.22	0.61	0.13	0.27	
o	0.64	0.61	0.59	0.49	
p	0.0	0.0	0.11	0.32	
q	0.15	0.21	0.15	0.63	
r	0.28	0.06	0.54	1.0	
s	0.10	0.94	0.0	0.21	
t	0.25	0.78	0.06	0.27	
u	0.50	1.0	0.30	0.49	
v	0.54	0.91	0.08	0.32	
w	0.64	0.68	0.30	0.63	
x	0.57	0.71	0.60	1.0	

②バス停到着時間間隔の偏差を減少させるためには、信号周期 60 秒、バス発車間隔 180 秒、乗降小の区間に優先的に設置すればよい。

③乗客の待ち時間を減少させるためには、信号周期 100 秒、一般車交通量 330 台/時、バス発車間隔 60 秒、乗降小の区間に優先的に設置するのが効果的である。

α が変化すれば、表 6.5.8 に示されるように優先順位が変わる。 α がどのような値をとるかは明らかではないが、都市計画・交通計画によって α が定められるならば、図 6・5・5 から図 6・5・7 を用いて、バスレーン・優先信号を併設する区間の優先順位を決定できると考えられる。

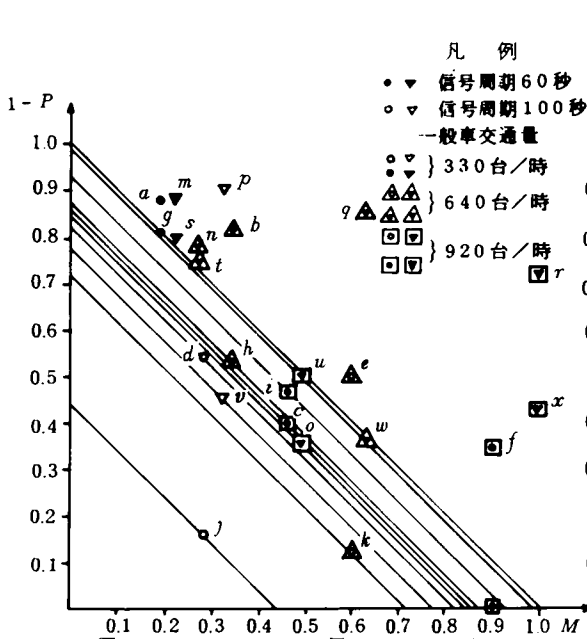


図 6.5.5 バスレーン・優先信号併設の場合、バスの表定速度の評価

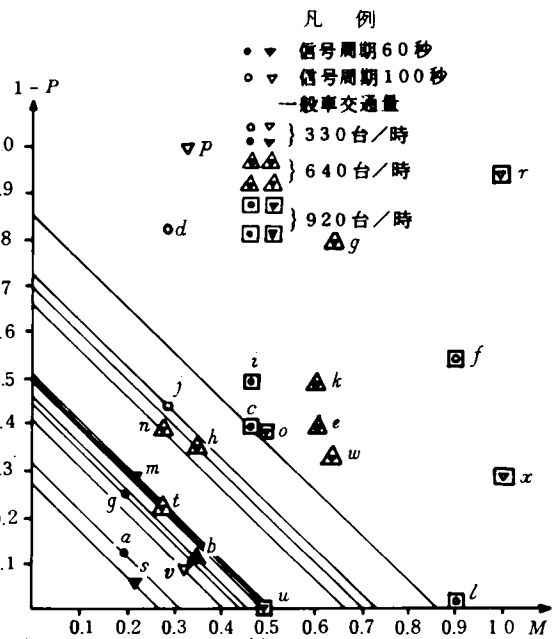


図 6.5.6 バスレーン・優先信号併設の場合、バス停到着時間間隔の偏差の評価

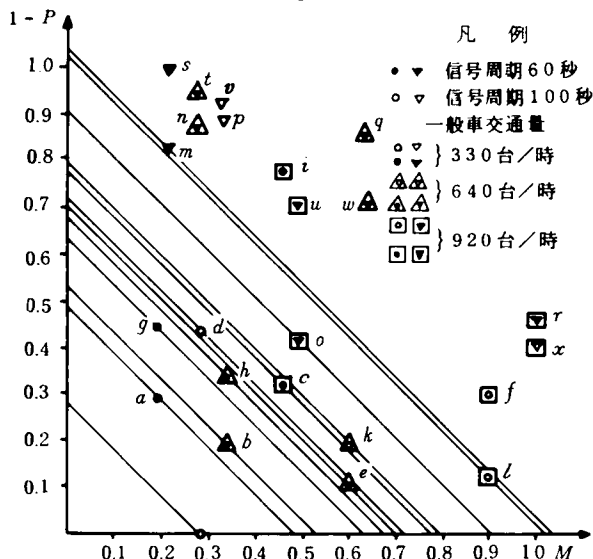


図 6.5.7 バスレーン・優先信号併設の場合、乗客の待ち時間の評価

表 6.5.8 バスレーン・優先信号併設の優先順位

順位	バスの表定速度		バス停到着時間間隔偏差		乗客の待ち時間	
	$\alpha=1.0$	$\alpha=0.1$	$\alpha=1.0$	$\alpha=0.1$	$\alpha=1.0$	$\alpha=0.1$
1	j	l	s	u	j	j
2	k	j	a	s	a	e
3	v	h	v	l	b	b
4	d	o	g	v	g	l
5	o	w	b	a	h	k
6	c	c	u	b	e	a
7	h	f	t	t	d	c
8	l	v	m	g	c	h
9	i	i	n	m	k	f
10	u, w	x	h	h	o	g
11		u	j	w	l	d
12	g	e	c	x	m	o

6・6 結 語

本章では以下に述べる成果が得られた。

(1) ミクロモデルの定式化

6.2 ではスキニング時間を 1 秒とし、このスキニング内の、バス並びに一般車の加速・減速・追従・進路変更・停車などの行動を 1 台ごとに決定し、つぎの単位時間 1 秒後の速度と位置を定めるミクロモデルを定式化した。

第 4 章のマクロモデル、第 5 章のバス運行モデルと比較して、本章のミクロモデルはつぎに述べる 2 つの特徴をもつ。

①前後を走行する車の種類・速度並びに信号が青か赤で、車1台ごとにつきの1スキャン内の加速・減速・追従・進路変更・停車などを決定する。

②バスレーンを歩道寄・中央線寄に設置する場合、バス優先信号の設置の有無、信号周期の違いなどがバスの運行時間・表定速度、乗客の待ち時間並びに一般車の表定速度・信号待ち停滞長などを与える影響を解析できる。

とくにバスレーンを道路の歩道寄・中央線寄に設置する場合、それぞれの設置位置の違いが表定速度などを与える影響を解析できる点が従来のモデルにない特徴であり、本研究で提案したマイクロモデルの独創的な点である。

マイクロモデルの概要は以下のようである。

モデルは①インプット情報の処理 ②一般車並びにバスの初期発生時刻・乱数初期値・信号状態初期値の設定 ③1スキャン内に当該発生時刻の一般車・バスを区間内に入れ、次の発生時刻を決定する過程 ④バス・一般車を最終交差点に近い方から順番にならべる過程 ⑤単位時間後の車の位置、信号状態、前後方の車種から1スキャン内の加速・減速・発進・停止・進路変更などの行動を決定する過程 ⑥区間外に出た車の情報を記録して消去する過程 ⑦アウトプットの処理 の7つの過程からなる。モデルの主要部分は⑤である。

モデル内では①法的な最高速度 ②1時間当り一般車交通量と速度の関係 $Q-v$ 式で定まる速度 ③道路区間の交通密度と速度の関係 $k-v$ 式で定まる速度、の3つの速度の最小値として車の走行速度の上限が設定される。走行速度の上限値まで車は加速できる。

現在の走行速度の2次関数で表わされる安全距離以上前車との間隔があれば車は自由走行、安全距離以下の時に追従走行する。追従走行中はとなりの車線の前方・後方それぞれの車との間に安全距離以上あれば車線変更する。なおバス専用レーン内に車線変更できない。

一般車の車頭時間間隔、駐停車する場合の確率、追従走行中の追越確率、の3つをそれぞれ決定する場合、モンテ・カルロ法で擬似乱数を発生する点で本マイクロモデルは一部分確率事象を含むモデルであるが、全体的には前述したように車1台ごとの行動を再現する交通流擬似モデルであり、準決定論的シミュレーションモデルである。

マイクロモデルを用いれば、のちに述べるバスレーン並びにバス優先信号の設置効果を解析した成果にみられるように、道路区間で実験をしなくてもそれぞれの設置効果を把握できる点に意義があり、実用性の高いモデルであると考ええる。

次にモデルを適用して試算した成果について述べる。

(2) バスレーン設置案の効果

バス発車間隔 60 秒と 180 秒の2種類、バス停の乗降客数の大・小の2種類、一般車交通量 330 台/時、640 台/時、920 台/時の3種類で、合計12ケースの道路区間を設定した。バスレーン設置なし、バスレーン歩道側設置、バスレーン中央線側・バス停歩側側設置、バスレーン中央線側バス停安全地帯設置の4つのバスレーン設置案について、前記12ケースの道路区間それぞれの場合の試算を行ない、以下の成果を得た。

なおバスレーンの設置がない場合を比較対照の基準とし、バス・一般車の表定速度などの増減割合を以下に示す。

1) バスの表定速度の向上

①バスレーン中央線側・バス停安全地帯設置案が最も効果が大きい。

(i)バス発車間隔 60 秒・乗降大の場合、一般車交通量 330 台/時、640 台/時、920 台/時について、それぞれ 18.6%、22.8%、56.5% 表定速度が増加する。

(ii)バス発車間隔 60 秒並びに 180 秒で乗降小の場合、(i)に比較して効果が小さい。たとえば発車間隔 60 秒の場合、バスの表定速度が 8.1%～10.8% 増加するが、この割合はバスレーン歩道側設置案とはほぼ同程度である。

(i)(ii)から、バスレーン中央線側・バス停安全地帯設置は乗降の多いバス停を含む区間に、バスレーン歩道側設置は乗降の少ないバス停を含む区間に、それぞれ設置するのが効果的であるといえる。

②一般車の表定速度の減少並びに信号待ち停滞長の場合

(i)一般車の表定速度の低下が最も大きいのは、バスレーン中央線側・バス停安全地帯の場合で3.9%～19.5%の減少である。

(ii)停滞長の増加が最も大きいのは、バスレーン中央線側・バス停歩道側設置の場合である。バスレーンがない場合の停滞長を100とすると、一般交通量330台/時、920台/時のとき、それぞれ350、265である。

(iii)バスレーン歩道側設置の場合、一般車の表定速度の減少は1.5%～11.9%、停滞長の増加は16%～19%である。

①と②から、バスの表定速度の増加と、一般車の表定速度の減少並びに信号待ち停滞長の増加の間にはトレードオフの関係があり、どの設置案を実施すればよいかは一般的に決定できないと考えられる。

(3) バスレーン・優先信号の効果の比較

バス発車間隔60秒と180秒の2種類、バス停の乗降客数の大・小の2種類、一般車交通量330台/時、640台/時、920台/時の3種類、信号周期60秒と100秒の2種類で、合計24ケースの道路区間を設定し、それぞれのケースのバスレーン歩道側設置並びにバスレーン歩道側設置とバス優先信号併設の場合の効果を試算し、以下に述べる成果を得た。

なお以下に述べる効果は、バスレーンがない場合と比較した増減割合である。

1) バスレーンのみ設置の効果

①バスの表定速度の向上

(i)信号周期60秒の場合；(2)と同様に、バス発車間隔60秒並びに180秒で乗降大のときに、バスレーンの設置効果が大きい。

発車間隔60秒の場合19.3%～45.5%、180秒の場合13.8%～33.2%、バスの表定速度が増加する。

(ii)信号周期100秒の場合；バス発車間隔60秒・乗降小のときに最も効果が大きく、17.5%～29%バスの表定速度が増加する。

②バス停到着時間間隔の偏差の減少

(i)バス発車間隔60秒・乗降小のとき最も効果が大きく、信号周期60秒の場合63.4%～93.2%、信号周期100秒の場合31.4%～43.9%それぞれ偏差が減少する。

(ii)バス発車間隔180秒、乗降大の場合は、(i)の場合に比較して効果が小さい。

③乗客の待ち時間の減少

(i)バス発車間隔60秒・乗降大のとき最も効果が大きい。信号周期60秒の場合55.7%～71.4%、信号周期100秒の場合62.9%～72.5%それぞれ待ち時間は減少する。

(ii)(i)と同様にバス発車間隔180秒・乗降大の場合は効果が小さい。

この理由は、バスの到着時間間隔の偏差がバスの乱れの大きさをあらわしているため、この偏差の減少が小さければこれが乗客の待ち時間に影響して、待ち時間の減少も当然小さくなるからであると考えられる。

2) バスレーンとバス優先信号併設の効果

①バス発車間隔60秒・乗降大の場合は、バス優先信号を併設してもバスレーンのみ設置の場合と効果の違いは少ない。従ってこの場合は、バスレーンのみ設置でよいことがわかる。

②バスレーンと優先信号を併設するとき、効果が大きいのはつぎの3つの区間である。

(i)バスの表定速度の増加について；バス発車間隔60秒・乗降小の区間において、信号周期60秒のとき20.1%～38.7%、信号周期100秒のとき55.3%～64.2%バスの表定速度が増加する。

(ii)バス停到着時間間隔の減少について；バス発車間隔180秒・乗降小の区間において、信号周期60秒のとき66.9%～77.9%、信号周期100秒のとき62.1%～73.4%偏差が減少する。

④待ち時間の減少について；信号周期 60 秒のとき、バス発車間隔 60 秒・乗降大の区間で 59.8 %～67.5 %、信号周期 100 秒のとき、バス発車間隔 60 秒・乗降小の区間で 67.8 %～79.1 %待ち時間は減少する。

以上に述べた成果では、一般車交通量の多少についてどれが効果的かは明記していない。一般車交通量の多少に対する評価は、停滞長の増加並びに一般車の表定速度の低下と、バスの表定速度・バス停到着時間間隔の偏差・乗客の待ち時間の減少との間にトレードオフの関係があり、どの交通量のときが効果的か一概にいえないと考えられる。

(4) バスレーン並びに優先信号を設置する優先順位

(3)で得られた試算値について、バスの表定速度の向上、バス停到着時間間隔の偏差並びに乗客の待ち時間の減少をそれぞれ便益度とし、一般車の信号待ち停滞長を損失度にとり、2.3.2 の道路区間の規制順位決定方法を適用して以下の結果を得た。

1) バスレーンを設置する道路区間の優先順位

便益度に対する損失度の代替率 α が1の場合、バスの表定速度・バス到着時間間隔の偏差・乗客の待ち時間の3つの項目に関する評価では、それぞれつぎに述べる区間が優先順位の1位である。

①バスの表定速度に関する評価の場合

一般車交通量 920 台/時、信号周期 60 秒、バス発車間隔 60 秒、乗降大の区間。

②バス停到着時間間隔の偏差に関する評価の場合

一般車交通量 330 台/時、信号周期 60 秒、バス発車間隔 60 秒、乗降小の区間。

③乗客の待ち時間に関する評価の場合

一般車交通量 330 台/時、信号周期 60 秒、バス発車間隔 60 秒、乗降大の区間

2) バスレーン・バス優先信号を併設する道路区間の優先順位。

便益度に対する損失度の代替率 α が1の場合、優先順位1位の道路区間はつぎのようである。

①バスの表定速度に関する評価の場合

一般車交通量 330 台/時、信号周期 100 秒、バス発車間隔 60 秒、乗降小の区間。

②バス停到着時間間隔の偏差に関する評価の場合

一般車交通量 330 台/時、信号周期 60 秒、バス発車間隔 180 秒、乗降小の区間。

③乗客の待ち時間に関する評価の場合

一般車交通量 330 台/時、信号周期 60 秒、バス発車間隔 60 秒、乗降小の区間。

便益度に対する損失度の代替率 α が変化すると、以上に述べた設置優先順位の1位は当然変動する。

ここに述べた優先順位1位の区間は、 α が1のとき一般車交通量が330台/時という少ない区間であるが、もし α が1よりも小さい値をとるならば、一般車交通量のより多い道路区間が優先順位の1位になると考えられる。

すなわち一般車の損失度を重視すれば一般車交通量の少ない区間、バスの便益度を重視すれば一般車交通量の多い区間に、優先的にバスレーン並びにバス優先信号を設置すればよいといえる。

ところが α の値として、どのような値をとるべきかは明らかではない。この α の値は都市計画・交通計画などによって定められると考えられる。もし α が確定するならば、バスレーン並びにバス優先信号を設置する道路区間の優先順位を決定できると考える。

第 6 章 参 考 文 献

- 1) 佐々木綱; 交通流理論, 交通工学シリーズ3, p6, p9, 技術書院, 昭和40年4月
- 2) 高岸・戸松; バス運行挙動に関する2-3の考察, 土木学会論文集, 第199号, 1972年3月
- 3) Kraft, w. H & Boardman T. J; Predicting Bus Passenger Service Time, Traffic Engineering, Oct. 1969
- 4) 堀克郎; 交通工学入門, p17, 山海堂, 昭和43年5月
- 5) 高田弘; 電子計算機を利用したシミュレーションによる道路交通流の解析, 土木学会論文集, 第124号, p37, 昭和40年12月
- 6) 米谷, 渡辺, 毛利; 交通工学, pp122~123, オーム社, 昭和40年3月
- 7) B. D. Greenshields; The Density Factor in Traffic Flow, Traffic Engineering, pp26~28, p30, March.1960
- 8) 同上掲4) p81
- 9) 同上掲6) のp119と同上掲4) p84
- 10) 銭谷善信; シミュレーションによる交通規制の効果に関する一考察, 京都大学修士論文, pp.54~56, 昭和48年3月
- 11) 星埜和; 道路工学(上), コロナ社, 昭和32年3月
- 12) 京都市交通局; 交通調査集計資料, 昭和42年6月
- 13) 西川, 板倉, 宇土; バス運行の改善を目的とする市街路交通シミュレーション, 交通工学, Vol. 10, No. 4 p26, 1975年4月
- 14) 警視庁; 路線バス等の優先通行帯および専用通行帯の設定とその効果の調査報告書, p25, 昭和48年3月
- 15) 下村, 大淵; バス優先信号制御の実施効果, 交通工学, Vol. 12, No. 1, pp11~20, 1977年1月

第7章 結 論

わが国のほとんどすべての大都市では、自家用車の増加によって路面交通の混雑が激しくなり、これがバス輸送の質的・量的サービスの低下を招いている。その結果バス乗客数が減少し、また自家用車を増加させるというように甚だ厄介な悪循環がみられる。バスレーンを設置することはこの悪循環を断つために有効な一つの手段であり、多くの都市でバス輸送の改善に効果をあげている。

このようなバスレーンは今後なお多くの都市で設置されることが予想されるが、より合理的・効率的な網としての設定方法が明らかにされる必要がある。このためには、まずバスレーンの設置効果とは何か、それぞれのネットワークパターンによるバスや一般車の運行挙動の解明や、それぞれの効果の数量的な把握方法などが必要である。しかしながら従来の研究ではこれらの点に関してとり上げた研究成果は必ずしも多くなく、とくにバスレーンの効果を中心として数量化を試みた研究はほとんどその例がない。

本研究はバスレーンの設置によるバス・一般車の運行挙動や利用者の待ち時間など、各種の効果を測定するシミュレーションモデル並びに各種のバスレーンネットワークのそれぞれについて効果を評価する方法を提案した。以下各章ごとに得られた主な研究成果を述べる。

「第1章 序 論」

まず第1章では上に述べたバスレーンの意義・本研究の目的並びに研究の概要を述べた。

「第2章 大都市の交通問題と交通規制に関する考察」

〔1〕 交通規制とその効果

まず交通規制の効果をバスなどの公共交通と自家用車・貨物車などの個人交通、および社会・環境の3つに大別し、それぞれに対する効果を次のように分析した。

①公共交通；走行時間の短縮、交通容量の増加、大量輸送機関のサービス向上。

②個人交通；走行時間の増加、交通容量の低下、自動車の利便性の喪失、交通渋滞の発生、業務遂行上・社会生活上の不便さの増大。

③社会・環境；交通事故の減少、公害の防止、環境保全。

このように主体が異なれば交通規制に対する意見・目的が異なるため、種々の規制案を単純に評価することはできず、総合化のためには数量化の手法など今後の大きい研究課題であることを指摘した。

上記の点を考えると一般の交通計画や地域計画では、費用便益分析、単一目的関数による評価、多目的関数による評価など種々の評価方法があるが、交通規制に対する多主体の異なる目的を考慮するためには多評価基準の評価が必要であると考えられる。

〔2〕 交通規制案の評価方法

そこで多評価基準の評価方法を適用して、地域内における交通規制案を総合的に評価する方法並びに道路区間の交通規制の実施優先順位決定手法を提案した。その要点は次の通りである。

1) 地域内の交通規制案の評価方法

地域内の道路網を一定の長さの道路区間に区切り、交通規制案実施時の地域全体のプラス効果、マイナス効果を、各道路区間のそれぞれの効果の総和として定める。ここで種々の規制案のプラス効果並びにマイナス効果の最大値を1とし、各規制案それぞれの便益度、損失度を定義した。つぎに便益度に対する損失度の代替率

を定め、規制案の総合損失度を定義し、この総合損失度が最小になる規制案を最適な規制案と評価する方法である。

② 道路区間の規制順序の決定手法

プラス効果ならびにマイナス効果のそれぞれの規制案実施前後の増分を求め、それぞれの増分の最大値を1として、プラス効果の増分度ならびにマイナス効果の増分度を定義した。つぎにプラス効果の増分度に対するマイナス効果の増分度の代替率を定め、道路区間の規制指標を定義し、この指標が最小になる道路区間をまず最初に規制を実施する区間と評価する方法であった。

以上に述べた方法のそれぞれの代替率を変化させることにより、異なる主体の交通規制に対する要求に対応できると考える。

「第3章 バスレーンのシミュレーションモデルと総合評価」

第3章ではバスレーンの効果を測定するいくつかのシミュレーションモデルの目的と意義などの比較考察を行なうとともに、設置案を総合評価する方法を提案するなど、主として次のような研究成果を得た。

〔1〕バスレーン設置効果

バスレーン設置効果について考察し、それぞれの立場ごとに次のように分析した。

- ①バス利用者；待ち時間の短縮、目的地までの所要時間の短縮、積み残し数の減少など。
- ②バス事業経営；バスの表定速度の向上、運行時間の短縮、運行確実性の向上、乗客数の増加、車両費・走行経費の減少などによる経営改善。
- ③一般車利用者；一般車の交通容量減少、走行速度の低下。
- ④社会・環境；総自動車交通量の減少、排気ガスの減少、騒音の減少、交通事故の減少、エネルギーの有効利用、荷物の積卸しの不便の増加、乗降がバスレーン内で禁止される不便さ、バスレーン設置に関する費用の増加。

以上に述べた効果のうち、①、②ならびに④の排気ガス・騒音・交通事故の減少、エネルギーの有効利用は、バスレーン設置のプラス効果である。これら以外の項目はマイナス効果である。

〔2〕シミュレーションモデルの相互関係

バスレーンの効果には目的・立場・効果の及ぶ範囲などにより種々の相違がある。これらの相違に応じてバスレーンの効果を測定するため、本論文では第4、5、6章でそれぞれ①マクロモデル、②バス運行モデル、③ミクロモデルの3つのシミュレーションモデルを提案した。これらの3つのモデルは対象とする街路網の範囲並びに解析目的がそれぞれ異なるが、解析内容は互いに補完的な関係にある。

以下にそれぞれのモデルの概要などを述べる。

〔3〕マクロモデルの意義と概要

本モデルは街路網全体を対象としてバスレーン網設置の影響を都市規模で巨視的に把握することを目的としている。従来バスレーンの影響を都市規模で解析した研究はなく、本研究によって初めて試みられた独創的なモデルであると考ええる。

モデルの主要部分は、等時間原則配分にもとづくOD交通量の経路配分、一般車からバスへの利用転換モデルからなる。またバス利用経路・一般車利用経路・バス系統それぞれが通過する道路区間を表わすバスマトリックスを用いる。このバスマトリックスは、のちの第4章の成果のところで述べる。

本モデルは都市街路網、バス路線網、バスレーン網、ODトリップ数を与件とし、バスレーン網設置が道路

交通量、総所要入時間、総走行距離、バス乗客数、バス必要台数などを与える影響を都市規模で巨視的に解析する決定論的シミュレーションモデルである。このマクロモデルを用いてバスレーンの効果を解析することにより、バスレーン網を街路網に効率的に指定配置する資料が得られるものと考ええる。

〔4〕 バス運行モデルの意義と概要

従来からバス運行の乱れの要因分析、バス運行挙動の解析のためにRATP、PIM、LTE、TRRI、高岸・戸松、天野・柏谷・古川、安東モデルなど種々のバス運行モデルが提案されている。これらのモデルは、乗客のバス停到着分布について到着時間間隔を指数分布、あるいは単位時間あたり到着人数をポアソン分布とし、乗降時間を乗降人数の関数で表わし、バス停間走行時間を γ 分布あるいは正規分布で与えるなど共通点がある。

ところがバス停間の走行時間を正規分布などの分布形で与えているために、バスレーンが設置されたときの一般車交通量の変化の影響やバスの表定速度並びにバス停間走行時間の変化を表現できない。

また安東モデル以外は乗客の待ち時間をバスの到着時間間隔の $\frac{1}{2}$ で与えているが、バスレーンが設置されてバスの運行時間が正確になるときの待ち時間の変化を予測できない。

本論文で提案したバス運行モデルでは、バス停の1分間当たり到着人数はポアソン分布、バス停の降車人数は正規分布であると仮定し、モンテ・カルロ法による擬似乱数を発生させて到着人数、降車人数を求める。そしてバスが停留所に到着する時間間隔並びに到着人数を用いて待ち時間を算出する。またバス停間のバスの平均走行速度と一般車の1時間交通量との関係を1次関数の $Q-U$ 式で表現するなど数式モデルを用いている。本モデルは前述したように一部分に確率モデルを用いて、バスの運行挙動を解析する準決定論的シミュレーションモデルである。

本モデルが従来のモデルに比較して優れているのは次に述べる3つの点である。

- ①バス停の走行速度を $Q-U$ 式で表現するので、バスレーンが設置された時の一般車交通量の変化の影響、バスの表定速度・バス停間走行時間の変化を表現できる。
 - ②乗客の待ち時間の変化を数式モデルで予測できる。
 - ③バスレーン設置に加えて、乗降ドア幅の拡大、だんご運転時にバス同士の追越を認める、などのバス運行改善策がバスの運行時間、乗客の待ち時間、積み残し数などにも与える影響を解析できる。
- 本研究で提案したバス運行モデルは、特に従来のモデルでは解析していないバスレーン設置の影響を、一つのバス系統のバス停留所ごと、バス1台ごとにと把握できる点が特徴であると考ええる。
- 本モデルの解析内容は、各バス停並びにバス1台ごとの乗客の待ち時間、積み残し数、バスのバス停到着時間間隔、運行所要時間、だんご運転生起回数、乗客の平均待ち時間などである。
- 本モデルを用いて一つのバス系統の運行挙動に与えるバスレーンの影響を解析することにより、どの程度の乗降客数、バス発車間隔並びにバス運行本数の系統にバスレーンを設置すれば効率的か、またどの程度バス運行の改善に役立つかを知る資料が得られると考ええる。

〔5〕 ミクロモデルの意義と概要

前述したマクロモデル並びにバス運行モデルは、車の加速・減速などについては考慮せずに、一般車交通量とバス及び一般車の表定速度の関係をそれぞれ $Q-U$ の一次式で表現していた。ところが本ミクロモデルは、車1台ごとの加速・減速・発進・進路変更などの行動をモデル内で再現し、ある一定の街路区間を走行するバス・一般車の走行時間・表定速度を解析する交通流擬似モデルである。モデルはコンピュータでタイムシークエンスに実行される。

従来、車の行動を微視的に解析するモデルには池之上氏並びに片倉氏のモデルがある。前者のモデルは車の進行する距離を1つのエレメントとし、1スキャン内に車は1エレメントだけ移動する。後者のモデルは道路

をブロックに分割し、ブロック内の車両密度と速度の関係をを用いて、1 スキャン内のブロックごとの車の出入台数を計算するモデルである。

ところが本研究で提案したマイクロモデルは、バス並びに一般車1台ごとの1 スキャン内の加速・減速・進路変更などの行動を、前後を走行する車の種類と車間距離から決定する準決定論的シミュレーションモデルである。しかも従来のモデルでは解析していない、バスレーンを道路の歩道寄に設けるか中央線寄に設けるかというバスレーン設置位置の違いが車の表定速度、バスの運行時間・乗客の待ち時間などのバスの運行挙動、一般車の信号待ち停滞長などに与える影響を解析できる特徴をマイクロモデルは持っている。

マイクロモデルを用いてバスレーンの効果を解析することにより、一般車交通量、バスの運行本数、バスの乗降客数がそれぞれどの程度の街路区間にバスレーンを設置すれば効率的か、またバスレーンを歩道寄・中央線寄のどちらに設けるのが効果的かの有益な資料を得ることができると考える。

〔6〕 バスレーン網設置案の総合評価の方法

第2章に述べた多評価基準による交通規制の評価方法を応用して、バスレーン網の設置代替案を総合評価する方法を提案した。

この方法は評価項目が複数個ある場合に、それぞれの評価指数間に比重を定めて総合評価指数を定義し、これが最小になるバスレーン網設置代替案を最適代替案として評価する方法である。

この方法ではバスレーンのプラス効果、マイナス効果に対してそれぞれ便益度、損失度を定義し、便益度に対する損失度の代替率を用いて一つの評価指数を定める。まず代替率を変化させた時、評価指数を最小にするバスレーン網設置案を最適代替案の候補として評価する方法を示した。

つぎに評価項目が複数個ある場合、それぞれの評価指数間に比重を定めて総合評価指数を定義し、この総合評価指数を最小にするバスレーン網設置案を最適代替案として評価する方法を提案した。

最適代替案は代替率ならびに比重が変化すると当然変化するので、この最適代替案の変化を次の様に表わした。まず複数の代替率と比重のうちそれぞれ任意に1つずつを固定し、残りの代替率の和を限界値 I と定義した。このときどの案の総合評価指数が最小になるかは限界値 I の大小により決定されること、そしてこの限界値 I は代替率を座標軸とする超平面で表わされることが指摘された。

次に代替率ならびに比重を変化させて、最適代替案が不連続に変化する時の超平面を最適代替案が選ばれる限界面と定義した。任意の代替率ならびに比重の値が定められれば、この限界面の変化の様子から最適代替案を選出できると考える。

この評価方法により、バス経営体、バス利用者、一般車利用者、社会・環境などの異なる主体それぞれの目的間のトレードオフを考慮して、バスレーン網設置案を総合評価できると考える。

本研究で提案したバスレーン網設置案の総合評価手法は、評価指数間の比重並びに便益度に対する損失度の代替率が変化するときの最適代替案の変動する様子を明らかにすることができる。しかし、実際に代替率並びに比重の値としてそれぞれどのような値をとるべきかは明らかではない。これらの値は都市計画などを総合して決定されと考えられるが、科学的に代替率並びに比重を数量的に表現するのが今後の課題と考える。

多評価基準による評価方法を用いて、本研究で提案した総合評価指数をより発展させて実用的な評価モデルを開発する必要がある。そして一般的・汎用性のある評価モデルを開発するのが今後に残された課題であると考ええる。

「第4章 バスレーン網の都市規模でみた効果とその評価に関する研究」

第4章では、格子状道路網にバスレーン網を設置する場合に総所要時間、総走行距離、バス必要台数、バス乗客数などにバスレーン網設置が与える影響を都市規模で定量的に測定するマクロモデルを定式化した。この

モデルをある仮想街路網に適用して、バスレーンの効果を試算した。本章で得られた成果を以下に述べる。

〔1〕 マクロモデルの特徴と定式化

まず4・2で簡単な街路網を対象とするモデルを定式化した。このモデルはODトリップ数、格子状道路網、バス路線、バスレーン網を与件とする。

モデルの主要部分は等時間原則配分、自家用車からバスへの利用転換モデルからなり、バス利用並びに自家用車利用それぞれの経路所要時間、道路区間の通過人数・通過乗用車台数・バス通過台数などの定式化には、経路が通過する道路区間を示すバスマトリックスを用いた。

バスマトリックスには、①バス利用経路の通過する道路区間を示す行列、②バス系統の通過する道路区間を示す行列、③自家用車利用経路の通過する道路区間を示す行列、の3つの種類がある。

これら3つのバスマトリックスは、任意の経路について通過する道路区間を1、通過しない道路区間を0の行列成分でそれぞれ表現される。バスマトリックスによって、任意の経路が通過する道路区間と所要時間、任意の道路区間を通過する道路区間と所要時間をそれぞれ知ることができ、たとえばつぎのようであった。

- ①(i)バス利用の経路所要時間は、バス利用経路を示すバスマトリックスとバスを利用する場合の道路区間所要時間とによって求められる。
- (ii)系統別道路区間乗客数は、バス利用経路を示すバスマトリックス、バス系統を示すバスマトリックス、バス利用経路で利用する系統を示す行列とバス利用経路別利用者数によって求められる。
- ②道路区間バス通過台数は、バス系統を示すバスマトリックスと系統別運行本数によって求められる。
- ③(i)自家用車利用時の経路所要時間は、自家用車利用経路を示すバスマトリックスと自家用車の道路区間所要時間によって求められる。
- (ii)道路区間自家用車通過台数は、自家用車利用経路を示すバスマトリックスと経路別自家用車台数によって求められる。

モデルは次の5つの過程から成っている。

- (1)バス利用者、乗用車利用者それぞれのOD表を求める過程
- (2)系統別運行本数、道路区間バス通過台数を求める過程
- (3)乗用車の経路配分と道路区間自動車交通量を求める過程
- (4)乗換え率を求める過程
- (5)OD表を修正する過程

このうち2.の系統別バス運行本数はバス系統の道路区間の最大利用者数とバスの定員を用いて定められる。ODを結ぶバス系統が複数本あるとき、出発地での任意のバス系統利用率は、系統別運行本数に比例するとして定式化した。4.の乗用車からバスへの乗換え率は、バスレーンが設置されてバスの所要時間が乗用車に比して相対的に短縮されるとき、乗用車利用者の一部がバスへ乗換えるとして定式化を行なった。

3.の乗用車を等時間原則を用いて経路へ配分する過程では、まず経路数がただ1つだけのODトリップを経路に配分して、バスの道路区間通過台数にこの乗用車の道路区間通過台数を加算し、各道路区間自動車通過台数の初期値とした。経路数が2以上のものはOD表を n 等分して、各ODの最短時間経路に配分する。

乗換え率が収束するまで、(5)、(2)、(3)、(4)の過程をくり返し実行する。乗換え率が収束すれば、必要な情報をアウトプットし、シミュレーションは終了する。

〔2〕 マクロモデルを用いた試算結果と成果

つぎに、ここで定式化したモデルを用いて、東西4本、南北3本、ノード数12の仮想行路網を想定し、ODトリップ数、4つのバス系統、12ケースのバスレーン設置代替案を設定して、バスレーン網設置案のそれぞ

れについてバス乗客数、バス必要台数、総所要人時間、総走行距離などに与える影響を試算した。

試算にもとづく成果は以下のようである。

バスレーンの設置効果は、バスの乗客数、運行所要時間、運行本数、一般車の所要時間について、モデルの試算値の場合それぞれ2～10%増、16～35%減、20～40%増、18～26%増であるが、実測値によればそれぞれ4.1～6.5%増、17～32%減、16～25%増、約15%増であった。これらの試算値と実測値の比較から、マクロモデルはバスレーンの設置効果を巨視的に把握できたと考えられる。また以上に述べた成果は仮想街路網における試算値であるが、一般に長区間のバス優先レーンよりも短区間に専用レーンを設置する方が、バス乗客数の増加、総所要人時間並びに総走行距離の減少に与える効果が大きいことを定量的に示すことができた。

〔3〕 今後の課題

以上のように上記各指標へのバスレーン設置の影響を定量的に明らかにできる実用性のある独創的モデルを開発できた点に意義があると考えられる。

なおバスレーンを設置しない場合、バス優先レーン設置、バス専用レーン設置、それぞれの場合の $Q-U$ 式の係数の定め方によって、各指標のうける効果の大きさは変化する。また乗り換え率の定め方によっても効果は変わるものと考えられる。 $Q-U$ 式の係数は実測値を用いているが、今後各地の調査を行なってこの値を検討する必要がある、これは今後の課題と考える。

〔4〕 モデルの改良の要点

つきに、ここで定式化したモデルを以下に述べる4つの点を考慮して改良・修正した。

①街路網が大きくなると、それに比例して幾何級数的にバス及び自家用車それぞれの利用経路数が多くなる。これはバスマトリックスが非常に大きくなることを意味している。それゆえバスマトリックスのための電子計算機の記憶領域は膨大になり、コア容量をこえることがある。そこで必要とされる記憶量を削減する必要がある。

②モデルではノードを交通の発生・吸収点としている。これを町や区などのゾーン単位にも適用することを考える必要がある。

③バス利用者が出発地でバス系統を選択する場合、早くバス停に来た方のバスに乗ると考えられる。この場合、バス系統利用率は平均待ち時間に反比例すると考えられる。

④モデルでは、全自家用車の利用者がバス利用へ転換する対象である。ところが実際は、バスレーンを設置してもバスに転換できない人、あるいは転換しない人がいる。それゆえこの点を考慮して転換率を定める必要がある。

そこで4・3では、これら4つの点を考慮し大規模な街路網にバスレーン網を設置する場合の効果を測定できるようにモデルを修正・改良した。

〔5〕 モデルの改良の内容

追加並びに修正点は以下のようである。

①O/D変換プロセス

このプロセスはつきに述べる3つのゾーン間O/Dトリップをそれぞれノード間のDトリップに変換する。

①バス専用利用トリップ

②自家用車専用利用トリップ

③自由選択O/Dトリップ；状況に応じてバス又は自家用車を利用するトリップ

このプロセスではノードの影響圏面積、ノード・ゾーン変換係数を用いて、ゾーン間O/Dトリップをノード

間O Dトリップに変換する。

(2) バス系統利用率算定プロセス

バス系統利用率すなわちバス利用者の経路選択率をつぎのように変更した。前節のモデルでは運行本数に比例して与えたが、ここでは乗りかえを含む平均待ち時間に比例するとした。

(3) 転換率算定プロセス

このプロセスはバスレーンが設置されたときに、自由選択トリップの一部がバス利用に転換する割合を、バス利用と自家用車利用それぞれの所要時間比の増加割合に比例して算定する。

以上のプロセスでは4・2と同じ自家用車利用経路バスマトリックス、バス系統のバスマトリックス、バス利用経路のバスマトリックス、バス利用経路・系統対応行列を用いた。このうち自家用車利用、バス利用それぞれの経路のバスマトリックスはつぎの点で4・2で提案したモデルのバスマトリックスと異なる。

①経路を通過する道路区間を通過すれば1.通過しなければ0でそれぞれ表現するのではなく、通過する道路区間を順番につらねたアーク列で表現する。

②バス利用経路は自家用車利用の経路に含まれる。そこでバス利用の経路を、その通過する道路区間がすべて同じである自家用車利用経路の経路番号であらわし、その対応ベクトルで表現する。

これら2つの点によって、電子計算機利用時のバスマトリックスが占める記憶領域を削減した。また大規模な街路網で、もれなく正確にバスマトリックスを作成する手法を開発した。以上の改良によって、モデルは大規模な街路網にバスレーン網を設置する場合の効果を測定できると考える。

この改良モデルを用いた試算例とその成果は以下のようであった。

〔6〕 改良モデルを用いた試算とその成果

東西6本、南北6本のノード数36の街路網を仮定し、上記の改良したモデルを用いてバスレーン網設置効果の試算を行なった。

(1)バスレーンの設置効果は、まずバスの利用者数、運行所要時間、運行本数、一般車の表定速度について、モデルの試算値の場合それぞれ7.4～13%増、14～32%減、14～40%増、20～40%減であるが、実測値によればそれぞれ4.1～6.5%増、17～32%減、16～25%増、17～32%減であった。これらの試算値と実測値の比較から、改良したマクロモデルはバスレーンの効果を巨視的に解析できたと考えられる。

(2)全区間にバス専用レーンを設置すれば、総輸送人時間、総走行距離、バス必要台数がそれぞれ約80%、30%、36%いずれも減少すること、バス輸送分担率、バス分担率がそれぞれ76%、10%いずれも増加することを定量的に明らかにできた。

以上の試算にみられるように、改良したマクロモデルは、ノード数6×6のかなり大規模な街路網でもバスレーン設置効果を巨視的に解析でき、バスレーン網の設置に関する有益な資料を提供できる。コンピュータのコア容量の制約があるので、あまり複雑で大規模な街路網に直接本モデルを適用できないが、磁気テープを用いてバスマトリックスを記憶するか、街路網を分割するなどの対策を講じれば、東京・大阪などの大都市の主要街路網を対象としてバスレーン網設置効果を解析できると考えられる。

〔7〕 バスレーン網の総合評価

3・4で提案したバスレーン網設置案の総合評価の方法をここで得られた試算値に適用し、最適代替案になる候補の選出並に最適代替案が選ばれる境界面の変動をそれぞれ明らかにした。

1)まず4・2で得られた試算値を用いて、バス優先レーン設置案、バス専用レーン設置案、バス優先・専用レーン併用設置案の3つの設置案において、バス専用レーンのみが最適代替案の候補となることがわかった。

2)つぎにバス乗客数、総走行距離、バス必要台数、総所要人時間など4つの評価項目間の比重、並びに各評価

項目の便益度に対する損失度の代替率がそれぞれ変化するとき、バス乗客数の評価指数に対する比重 w_1 が増大するとともに、代替率 α がほぼ1以上並びにほぼ1以下に対して、短区間バス専用レーン設置案、全区間バス専用レーン設置案がそれぞれ最適代替案に選ばれることを明らかにした。

(3) つぎに4・4で得られた試算値に総合評価手法を適用し、比重 w_1 が増大するとともに、バス通過台数80台/時以上・一般車交通量750台/時以下の区間にバス専用レーンを設置する案は最適代替案になる領域が狭くなり、バス通過台数80台/時以上・一般車交通量に制限のないバスレーン設置案は最適代替案になる領域が広くなることを明らかにした。

以上の評価手法を適用した試算の成果にみられるように、本研究で提案した多評価基準によるバスレーン網設置案の総合評価手法はバスレーン設置に関する有益な情報を提供できると考えられ、この点でも意義のある評価手法と考える。

「第5章 一系統のバスの運行挙動とそのバスレーン設置効果に関する研究」

第5章では任意のバス系統に関する諸指標を用いてバスの運行を解析するバス運行モデルを定式化するとともに、これを用いて応用計算を行ない、次に述べる成果が得られた。

〔1〕 バス運行モデルの意義と特徴

このモデルはバス運行を解析し、①運行所要時間、②バス停留所へのバス到着時間間隔、③だんご運転生起回数、④乗客の積み残し数、⑤乗客の平均待ち時間などの、任意のバス系統に関する諸指標を得ることを目的としている。モデルを用いた解析には各バス停の乗降客数、バスの運行本数・発車間隔、バス必要台数、各バス停間の一般車交通量を与件とし、前章のマクロモデルでは解析できない上述のバス運行に関する諸指標を、各バス停ごと、各バスごとにそれぞれ把握できることである。

また本モデルではバスのみの走行に注目し、一般車の交通量との関係の $Q-V$ 式で定まるバスの表定速度を用いて、バス停間を一定の速度で走行させている。この点が次章に述べるミクロモデルとは異なる。

本章で提案したモデルは、バスレーン設置、バスの乗降用ドア幅の拡大、だんご運転時にバス同士の追越を認める運行方法、などのバス運行に対する改善策がバスの運行に与える影響を解析できる。

〔2〕 モデルの定式化

モデルでは、乗客のバス停への1分間当り到着人数はポアソン分布、バス停での降車人数は正規分布、バス停間の走行速度は一般車交通量の1次関数 $Q-V$ 式、乗・降時間は乗・降人数の1次関数、と仮定して定式化を行なった。

バス停での停車時間は、だんご運転でない場合、乗・降時間のうち長い方、だんご運転の場合、乗・降時間と前のバスが発車するまでの待機時間の和、として定式化した。

乗客の待ち時間は、バス停への到着人数を1分毎にポアソン乱数を用いて発生させ、バスの発車間隔内の各1分間ごとに、発車時刻までの時間と到着人数の積を求め、それぞれの積の合計を算出し、乗客がバスに積残される場合と積残されない場合に分けて定式化した。この乗客の平均待ち時間は、バスが等間隔に到着し、積残される乗客がない場合、当然バスの到着間隔の $\frac{1}{2}$ になる。

だんご運転生起回数は、前のバスのバス停発車時刻以前に次のバスが到着する回数であり、各バス、各バス停別に集計できるように定式化した。

以上の定式化にみられるように、本バス運行モデルは、確率モデルと数式モデルを用いた準決定論的モデルであり、シミュレーションはインベントシークエンスに実行される。

〔3〕 今後の課題

なお本モデルは一般車交通量、バス乗客数の時間的変化を考慮しないという仮定を設けたが、実際にはそれらは時間的に刻々変化するものである。従って今後は、この時間的変化に対応できるようにモデルを改良する必要がある、これは今後に残された課題と考える。

本章のモデルが、バス優先信号などによる走行改善を抜かしていないのは交叉点における走行、停止などの微視的状态を考慮しないからである。微視的な状態は、次章のマイクロモデルを用いて解析される。ただし Q - U 式にバス優先信号設置による走行改善の効果を考慮すれば、本章で提案したバス運行モデルでもバス優先信号がバスの運行挙動に与える影響を解析できると考えられるが、これについては今後に残された研究課題と考える。

〔4〕 バス運行モデルを用いた試算結果とその成果

5.3並びに5.4では、ある簡単な仮想街路網及び大規模な実際の街路網をそれぞれ想定し、バス1系統に注目して運行所要時間、バス停への到着時間間隔の偏差、だんご運転生起回数などの運行挙動や乗客の平均待ち時間、積み残し数などの乗客に対するサービス指標を試算し、つぎの成果を得た。

1)まず運行所要時間に占める走行時間、バス停での停車時間の構成は、モデルを用いた試算値ではそれぞれ78.6%、21.4%であるが、実測値によればそれぞれ80.3%、19.7%であった。

2)またモデルの解析から得られるバス運行の軌跡は実際のだんご運転状態やバス運行間隔を再現していることを明らかにできた。

3)バスレーン設置によるバスの運行所要時間の短縮効果は、モデルの試算値では10.3～29.5%であるが、実測値では17～32%であり、バスレーンの効果をバス運行モデルは再現していると考えられる。

4)上記の成果に加えて、ドア幅を拡大すれば乗客の平均待ち時間、積み残し数、バスの運行所要時間、だんご運転生起回数がそれぞれ8.1～14.2%、13.1～32.3%、3.9～6.4%、11.4～50%いずれも減少すること、だんご運転時にバス同士の追越を認めれば運行所要時間、積み残し数がそれぞれ0.7～1.4%、5.7～8.6%いずれも減少することを定量的に明らかにできた。

以上の試算値にみられるように、バス運行モデルはバスレーン設置などの運行改善策が運行挙動、乗客の待ち時間に与える影響を解析できるモデルであると考えられる。

〔5〕 バス1系統のバスレーン設置効果への総合評価手法の適用とその成果

5.5ではシミュレーションの試算結果に第3章で提案した評価手法を適用し、バスレーン設置案の総合評価を行なった。

バスの運行では乗客に対するサービス指標として乗客の待ち時間を重要な指標と考え、待ち時間の評価指数の比重 k_1 並びに代替率 α に着目し、これら2つが変動するときの最適代替案の変化を明らかにした。その結果次のことが明らかになった。

1. 簡単な仮想街路網のバス運行におけるバスレーン設置案の評価

- ①代替率 α が大きいほど、即ちバス乗客の待ち時間の便益よりも一般車の損失度を重視するほど、バスレーンを設置しない方がよい。
- ②バスの便益を考えれば代替率は小さい値、逆に一般車の便益を考えれば大きい値をとる。
- ③代替率 α が1以上のとき、比重 k_1 の増加につれて全区間専用レーン設置案が最適代替案になる範囲は狭くなる。

2. 大規模な実際の街路網のバス運行におけるバスレーン設置案の評価

- ①全くバスレーンを設置しない代替案や全区間バスレーン設置代替案よりも、ある一定距離にバスレーン

を設置する代替案が最適代替案になる。

- ②一般車の損失度を重視すれば比較的短距離、重視しなければ比較的長距離のバスレーン設置代替案がそれぞれ最適代替案になる可能性が大きい。

以上のようにバス1系統におけるバスレーン網設置案の評価に多評価基準による評価手法が有効であり、バスレーン設置に関する有益な情報を提供できる手法と考える。

「第6章 街路区間におけるバスレーン設置効果に関する研究」

第6章では、バス並びに一般車の加速・減速・追従・進路変更・停車などの行動を1スキャンごとに決定し、車1台ごとに1スキャン内の速度と位置を定めるマイクロモデルを定式化した。

本章では以下に述べる成果が得られた。

〔1〕 ミクロモデルの特徴と意義

第4章のマクロモデル、第5章のバス運行モデルと比較して、本章で提案したマイクロモデルはつぎに述べる2つの特徴をもつ。

(1)前後を走行する車の種類・速度並びに信号が青か赤かで、車1台ごとにつぎの単位時間後の加速・減速・追従・進路変更・停車などを決定する。

(2)バスレーンを歩道寄・中央線寄に設置する場合、バス優先信号の設置の有無、信号周期の違いなどがバスの運行時間・表定速度、乗客の待ち時間並びに一般車の表定速度・信号待ち停滞長などを与える影響を解析できる。

第3章の成果に述べたように、バスレーンの歩道寄、中央線寄、それぞれの設置位置の違いが表定速度などを与える影響を解析できる点が従来のモデルにはない特徴であり、本論文で提案したモデルの独創的な点であるとする。

〔2〕 ミクロモデルの定式化

モデルは次の7つの過程から成っている。

- (1)インプット情報の処理
- (2)一般車並びにバスの発生時刻・乱数・信号などの初期値設定
- (3)1スキャン内に当該発生時刻になったバス・一般車を区間内に入れ、次の発生時刻を決定する過程
- (4)車を最終交差点に近い方から順番にならべる過程
- (5)単位時間後の車の位置・信号状態・前後方の車種から1スキャン内の加速・減速・発進・停止・進路変更などの行動を決定する過程
- (6)区間外に出た車の情報を記録して当該車を除去する過程
- (7)アウトプットの処理

モデル内では次の3つの速度の最小値として車の走行速度の上限が設定される。①法的最高速度、②1時間当たり一般車交通量と速度の関係 $Q-v$ 式で定まる速度、③道路区間の車線別の交通密度と速度の関係 $k-v$ 式で定まる速度。

この上限値まで車は加速できるとしてシミュレーションが実行される。また前車との距離が現在の走行速度の2次関数で表わされる安全距離以上であれば車は自由走行し、安全距離以下の時に追従走行または減速する。追従走行中はとなりの車線（ただしバス専用レーンは除く）の前方後方のそれぞれの車との間に安全距離以上の車間距離があれば車線変更する。

〔3〕 ミクロモデルを用いた街路区間のバスレーン設置効果の試算結果

バス発車間隔 60 秒と 180 秒の 2 種類、バス停の乗降客数の大・小の 2 種類、一般車交通量 330 台/時、640 台/時、920 台/時の 3 種類で、合計 12 ケースの道路区間を設定した。バスレーン設置なし、バスレーン歩道側設置、バスレーン中央線側・バス停歩道側設置、バスレーン中央線側・バス停安全地帯設置の 4 つのバスレーン設置案について、前記 12 ケースの道路区間それぞれの場合の試算を行ない、以下の成果を得た。

1) 一般車交通量が 330 台/時のとき、一般車並びにバスの表定速度は実測値ではそれぞれ 32km/時、19.5 km/時であるが、モデルの試算値ではそれぞれ 35.8 ～ 37.4 km/時、16.7 ～ 18.0 km/時であった。交通量が 920 台/時のとき、同様に、実測値ではそれぞれ 25km/時、11.6 km/時であるが、モデルではそれぞれ 25.3 ～ 28.9 km/時、9.4 ～ 11.2 km/時であった。

(2) バスの運行時間に占める走行時間、信号待ち時間、バス停停車時間の構成割合は、実測値でそれぞれ 60～68 %、22～26 %、10～14 % であるが、モデルではそれぞれ 65.5 ～ 72.7 %、14.4 ～ 28.2 %、10.2 ～ 16.5 % であった。

(3) バスレーン設置効果は、バスならびに一般車の表定速度について実測値ではそれぞれ 17～32 % 増、15 % 減であるが、モデルでは 4.3 ～ 45.5 % 増、1.5 ～ 17 % 減であった。

(4) バス優先信号の効果は、バスの表定速度の増加に関して、実測値並びにモデルの試算値ではそれぞれ 17～42 %、15.8 ～ 64.2 % であった。

5) 一般車の信号待ち停滞長は、バスレーン中央線寄、バス停歩道側設置の場合 250 ～ 350 %、バスレーン歩道側設置の場合 16～19 %、いずれもバスレーンを設置しない場合より増加する。

(6) バスレーンのみ設置並びにバスレーン・バス優先信号併設の効果と比較すると、信号周期が 100 秒のとき、バスの表定速度の増加はそれぞれ 17.5 ～ 29 %、55.3 ～ 64.2 %、バス停到着時間間隔の偏差はそれぞれ 31.4 ～ 43.9 %、62.1 ～ 73.4 %、待ち時間はそれぞれ 62.9 ～ 72.5 %、67.8 ～ 79.1 % いずれも減少する。

以上の試算値からみられるように、ミクロモデルはバス並びに一般車の表定速度、走行時間について現実の交通現象をよく再現し、現実のバスレーン、バス優先信号設置の効果を適確に解析しているので、実用的なモデルであると考えられる。

〔4〕 バスレーン並びにバス優先信号を設置する道路区間の優先順位とその成果

〔3〕で得られた試算値について、バスの表定速度の向上、バス停到着時間間隔の偏差並びに乗客の待ち時間の減少をそれぞれ便益度とし、一般車の信号待ち停滞長を損失度にとり、第 2 章で提案した道路区間の規制順位決定方法を適用して以下の結果を得た

1) バスレーンを設置する道路区間の優先順位

便益度に対する損失度の代替率 α が 1 の場合、バスの表定速度・バス停到着時間間隔の偏差・乗客の待ち時間の 3 つの項目に関する評価では、それぞれつぎに述べる区間が優先順位の 1 位である。

① バスの表定速度に関する評価の場合

一般車交通量 920 台/時、信号周期 60 秒、バス発車間隔 60 秒、乗降大の区間

② バス停到着時間間隔の偏差に関する評価の場合

一般車交通量 330 台/時、信号周期 60 秒、バス発車間隔 60 秒、乗降小の区間

3) 乗客の待ち時間に関する評価の場合

一般車交通量 330 台/時、信号周期 60 秒、バス発車間隔 60 秒、乗降大の区間

2) バスレーン・バス優先信号を併設する道路区間の優先順位

便益度に対する損失度の代替率が1の場合、優先順位1位の道路区間はつぎのようである。

①バスの表定速度に関する評価の場合

一般車交通量 330 台/時，信号周期 100 秒，バス発車間隔 60 秒，乗降小の区間

②バス停到着時間間隔の偏差に関する評価の場合

一般車交通量 330 台/時，信号周期 60 秒，バス発車間隔 180 秒，乗降小の区間

③乗客の待ち時間に関する評価の場合

一般車交通量 330 台/時，信号周期 60 秒，バス発車間隔 60 秒，乗降小の区間

便益度に対する損失度の代替率 α が変化すると，以上に述べた設置優先順位の1位は当然変動する。

ここに述べた優先順位1位の区間は， α が1のとき一般車交通量が 330 台/時という少ない区間であるが，もし α が1よりも小さい値をとるならば，一般車交通量のより多い道路区間が優先順位の1位になると考えられる。

すなわち一般車の損失度を重視すれば一般車交通量の少ない区間，バスの便益度を重視すれば一般車交通量の多い区間に，優先的にバスレーン並びにバス優先信号を設置すればよいといえる。

ところが α の値として，どのような値をとるべきかは明らかではない。この α の値は都市計画・交通計画などによって定められると考えられる。もし α が確定するならば，バスレーン並びにバス優先信号を設置する道路区間の優先順位を決定できるものと考ええる。

以上第1章から第6章にわたり各章ごとに得られた主要な研究成果を述べたが，本研究の全体を通じてバスレーン設置による運行改善の効果を明らかにし，またバスレーンの効率的な設置に関する有益な資料を得るための実用的なシミュレーションモデルと評価手法を開発することができたと思う。

本研究で提案したバスレーン設置効果に関するシミュレーションモデルと評価手法がバスレーン設置のためにいくばくかの貢献をすることを期待して，本研究の結びとする。

謝 辞

本論文を結ぶにあたり、本研究の遂行に際して、御指導・御協力いただいた方々に感謝の意を述べる。

まず本研究の遂行並びに本論文の作成に関して終始御指導と御鞭撻を賜った京都大学工学部・天野光三教授に心から深甚なる感謝の意を表します。

京都市交通局、京都市都市計画局、京都府警察本部交通規制課並びに交通管制課、総理府警察庁交通局交通規制課の各位には貴重な資料を提供していただいた。これらの方々にも深く感謝したい。

シミュレーションの計算遂行には、京都大学工学部都市交通工学研究室の高野裕一君（現在国鉄勤務）、西野泰夫君（現在近鉄勤務）、近東信明君、並びに関西情報センターの篠崎 光、段為善両氏の御協力をいただいた。諸兄に対し厚く御礼申し上げる次第である。